

N O T I C E

THIS DOCUMENT HAS BEEN REPRODUCED FROM
MICROFICHE. ALTHOUGH IT IS RECOGNIZED THAT
CERTAIN PORTIONS ARE ILLEGIBLE, IT IS BEING RELEASED
IN THE INTEREST OF MAKING AVAILABLE AS MUCH
INFORMATION AS POSSIBLE

"Made available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dis-
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof."

81-10068

CR-143770

(E81-10068) STUDY OF THE CERRADO VEGETATION
IN THE FEDERAL DISTRICT AREA FROM ORBITAL
DATA M.S. Thesis (Instituto de Pesquisas
Espaciais, Sao Jose) 51 p HC A08/MF A01

N81-13424

Unclass

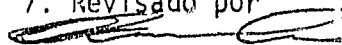
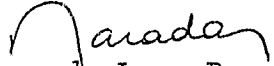
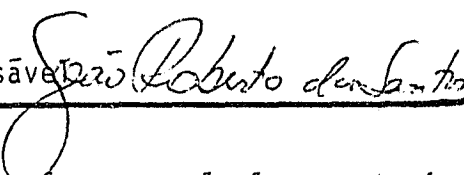
CSCL 02F G3/43 00068

RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
DATE: 10-17-80
DCAF NO. 002949
PROCESSED BY
☒ NASA STI FACILITY
☐ ESA - SDS ☐ AIAA



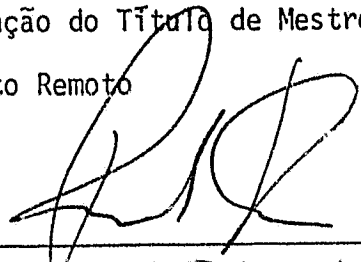
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Classificação <i>INPE-COM.1/TDL</i> <i>C.D.U.: 581.526:621.38SR(817.4)</i>		2. Período	4. Distribuição interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>CERRADO</i> <i>SENSORIAMENTO REMOTO</i>			
5. Relatório nº <i>INPE-1730-TDL/026</i>	6. Data <i>Maio, 1980</i>	7. Revisado por  <i>Vitor Celso de Carvalho</i>	
8. Título e Sub-Título <i>ESTUDO DA VEGETAÇÃO DE CERRADO NA ÁREA DO DISTRITO FEDERAL, A PARTIR DE DADOS ORBITAIS</i>		9. Autorizado por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>	
10. Setor <i>DSR</i>	Código	11. Nº de cópias <i>22</i>	
12. Autoria <i>Hideyo Aoki</i> <i>João Roberto dos Santos</i>		14. Nº de páginas <i>152</i>	
13. Assinatura Responsável 		15. Preço	
16. Sumário/Notas <i>Trata-se de um estudo de caracterização das unidades fisiológicas dos Cerrados da área do Distrito Federal (DF), através de interpretação visual e automática dos produtos fornecidos pelo sensor "Multispectral Scanning System" (MSS) dos satélites da série LANDSAT. A análise visual das imagens multiespectrais em preto e branco, na escala 1:250.000, foi feita baseando-se nos padrões de textura e tonalidade. A análise automática das fitas compatíveis com computador (CCT), foi efetuada por intermédio do analisador interativo IMAGE-100. Os resultados obtidos permitiram chegar, entre outras, às seguintes conclusões: a) a delimitação das formas de Cerrado pode ser feita tanto pela interpretação visual como pela automática; b) na análise visual, o padrão de tonalidade foi o principal parâmetro utilizado para a discriminação das formas de Cerrado, independentemente da época do ano, sendo que o canal 5 foi o que forneceu maiores informações; c) na análise automática, os dados dos quatro canais podem ser empregados na discriminação das formas de Cerrado; e d) a possibilidade de combinação dos quatro canais na análise automática, ofereceu maior quantidade de informações na separação das unidades de Cerrado, ao se levar em consideração os tipos de solos.</i>			
17. Observações <i>Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, aprovado em 11 de dezembro de 1979.</i>			

Aprovado pela Banca Examinadora
em cumprimento dos requisitos exigidos
para a obtenção do Título de Mestre em
Sensoriamento Remoto

Dr. Renato Herz



Presidente da Banca

Dr. Mario Guimarães Ferri



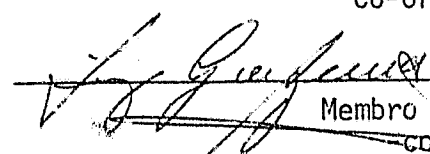
Orientador

Eng. Agro. Vitor Celso de Carvalho, MSc.



Co-Orientador

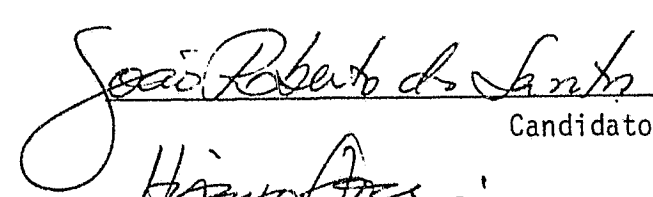
Biol. Luiz Guimarães de Azevedo



Membro da Banca
convidado-

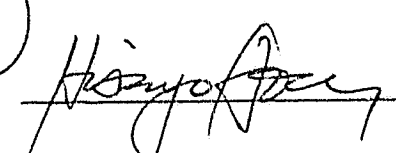
Original photography may be purchased from
EROS Data Center
Sioux Falls, SD 57198

João Roberto dos Santos



Candidato

Hideyo Aoki



Candidato

São José dos Campos, 11 de dezembro de 1979

ÍNDICE

ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
<u>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</u>	1
<u>CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA</u>	5
2.1 - Conceituação	5
2.2 - Aspectos fitofisionômicos	6
2.3 - Formas de Cerrado	8
2.4 - Correlação vegetação-clima	12
2.5 - Correlação vegetação-solo	14
2.6 - Correlação vegetação-relevo	16
2.7 - Comportamento espectral da vegetação	17
2.8 - Utilização do sensoriamento remoto na identificação da vegetação	21
2.9 - Influência dos fatores ambientais na resposta espectral da vegetação	24
2.9.1 - Fatores climáticos	24
2.9.2 - Fatores edáficos	25
2.9.3 - Fatores fisiográficos	26
2.10 - Dados do LANDSAT no estudo da vegetação de Cerrado	27
2.11 - Materiais e métodos utilizados no estudo da vegetação natural	29
2.11.1 - Materiais	29
2.11.2 - Método empregado na interpretação visual	31
2.11.3 - Método empregado na verificação de campo	32
2.11.4 - Método empregado na interpretação automática	33
<u>CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS</u>	37
3.1 - Área de estudo	37
3.1.1 - Localização e extensão	37
3.1.2 - Rede viária	37
3.1.3 - Hidrografia	38

3.1.4 - Clima	38
3.1.5 - Geologia	40
3.1.6 - Geomorfologia	41
3.1.7 - Solos	43
3.2 - Produtos do LANDSAT	45
3.3 - Sistema de análise de imagens multiespectrais	50
3.4 - Material de campo	51
3.5 - Material cartográfico	52
3.6 - Material complementar	52
3.7 - Métodos	52
3.7.1 - Reconhecimento da área de estudo	52
3.7.2 - Avaliação do comportamento espacial da vegetação	53
3.7.3 - Levantamento das características da vegetação	54
3.8 - Método de interpretação e análise de dados	58
3.8.1 - Método para a interpretação visual	58
3.8.2 - Método para a análise automática	59
3.8.3 - Procedimento de análise dos dados	61
<u>CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	67
4.1 - Características gerais da área	67
4.1.1 - Rede de drenagem e classes de relevo	66
4.1.2 - Tipos de vegetação	70
4.2 - Características da vegetação de Cerrado no campo	71
4.3 - Características do Cerrado nas imagens multiespectrais ...	80
4.3.1 - Apresentação dos padrões texturais	80
4.3.2 - Apresentação dos valores de tonalidade	82
4.3.3 - Análise do comportamento espacial	84
4.3.4 - Análise do comportamento espectral	89
4.3.5 - Análise do comportamento temporal	96
4.3.6 - Seleção de épocas e canais	102
4.3.7 - Apresentação dos mapas	116
<u>CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	119
5.1 - Interpretação visual	119

5.2 - Interpretação automática	120
5.3 - Recomendações	121
<u>AGRADECIMENTOS</u>	123
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	125

ABSTRACT

This is a study about physiognomic units of Cerrado in the area of Distrito Federal (DF), made through the visual and automatic analysis of products provided by the Multispectral Scanning System (MSS), of LANDSAT. The visual analysis of the multispectral images in black and white, at the 1:250,000 scale, was made based in the texture and tonal patterns. The automatic analysis of the compatible computer tapes (CCT), was made by means of IMAGE-100 system. The following conclusions were obtained through the results: a) the delimitation of Cerrado vegetation forms can be made by the visual and automatic analysis; b) in the visual analysis, the principal parameter used to discriminate the Cerrado forms, was the tonal pattern, independently of the year's seasons, and the channel 5 gave better information; c) in the automatic analysis, the data of the four channels of MSS can be used in the discrimination of the Cerrado forms, and, d) in the automatic analysis, the four channels combination possibilities gave more information in the separation of Cerrado units when soil types were considered.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
I.1 - Distribuição da vegetação de Cerrados	3
II.1 - Aspecto ilustrativo do cerradão localizado próximo a Brasília	9
II.2 - Aspecto ilustrativo do cerrado na área da Reserva Biológica das Águas Emendadas-DF	10
II.3 - Aspecto ilustrativo do campo cerrado localizado próximo à estrada DF-3	11
II.4 - Aspecto ilustrativo do campo sujo de cerrado na área do Parque Nacional de Brasília	11
II.5 - Três regiões de resposta espectral de uma folha verde	18
II.6 - Relação entre a reflectância da folha e a absorção da água na faixa de 400 a 2600 nm	20
III.1 - Balanço hídrico do DF	39
III.2 - Esboço geológico do DF	41
III.3 - Esboço geomorfológico do DF	42
III.4 - Distribuição dos grupos de solos predominantes no DF	44
III.5 - Imagem multiespectral do canal 4 do MSS	46
III.6 - Imagem multiespectral do canal 5 do MSS	47
III.7 - Imagem multiespectral do canal 6 do MSS	48
III.8 - Imagem multiespectral do canal 7 do MSS	49
III.9 - Processo de extração de informação	50
III.10 - Localização das amostras representativas	55

III.11	- Amostras de coleta de dados de natureza <u>quantitativa</u>	57
III.12	- Gráfico da probabilidade de <u>classificação correta</u> e distância JM	64
IV.1	- Esboço da rede de drenagem da área do DF	68
IV.2	- Classes de relevo da área do DF	69
IV.3	- Comportamento espectral das formas de Cerrado, nos quatro canais, em diferentes datas de <u>passagem</u>	91
IV.4	- Comportamento espectral das formas de Cerrado, nos quatro canais, em diferentes datas de <u>passagem</u>	95
IV.5	- Efeito da <u>variação sazonal</u> no comportamento espectral das formas de Cerrado, em 1975	97
IV.6	- Efeito da <u>variação sazonal</u> no comportamento espectral das formas de Cerrado, em 1977	98
IV.7	- Efeito da <u>variação sazonal</u> no comportamento espectral das formas de Cerrado, em 1975	100
IV.8	- Efeito da <u>variação sazonal</u> no comportamento espectral das formas de Cerrado, em 1977	101
IV.9	- Esboço da cobertura vegetal da área do DF	116
IV.10	- Classificação automática da forma cerrado, nos três tipos de solos	117
IV.11	- Classificação automática da forma cerrado, nos três tipos de solos	118
IV.12	- Classificação automática da forma campo sujo de cerrado, nos três tipos de solos	118

LISTA DE TABELAS

III.1 - Extensão e distribuição percentual das <u>unida</u> des de mapeamento	43
IV.1 - Características da vegetação de Cerrado do DF ..	72
IV.2 - Valores de IVI das árvores do cerrado	72
IV.3 - Valores de IVI das árvores do campo cerrado	76
IV.4 - Valores de IVI das árvores do campo sujo de <u>cer</u> rado	78
IV.5 - Padrões de textura das formas de Cerrado	81
IV.6 - Níveis de cinza das formas de Cerrado	83
IV.7 - Parâmetros espectrais das formas de Cerrado, nos diferentes tipos de solos	85
IV.8 - Análise de Variância para os quatro canais	87
IV.9 - Teste de Duncan aplicado às classes (vegetação- -solo)	88
IV.10 - Valores médios de tonalidade	90
IV.11 - Média dos valores de cinza das formas de <u>Cerra</u> do	94
IV.12 - Aplicação da análise de variância para os <u>qua</u> tro canais do MSS	104
IV.13 - Teste de Duncan aplicado aos dados relativos às formas de Cerrado	104
IV.14 - Valores de distâncias JM da combinação dos <u>qua</u> tro canais, na passagem de 08.02.77 (período chuvoso).....	105
IV.15 - Valores de distâncias JM da combinação dos <u>qua</u> tro canais, na passagem de 07.08.77 (período de seca)	106

IV.16 - Valores máximos de distância JM e combinações de três canais que melhor expressam a separabilidade entre as classes, na data de 8.02.77	107
IV.17 - Valores máximos de distância JM e combinações de três canais que melhor expressam a separabilidade entre as classes, na data de 07.08.77	108
IV.18 - Valores máximos de distância JM e combinações de dois canais que melhor expressam a separabilidade entre as classes, na data de 08.02.77	109
IV.19 - Valores máximos de distância JM e combinações de dois canais que melhor expressam a separabilidade entre as classes, na data de 7.08.77	110
IV.20 - Valores máximos de distância JM e canais que melhor expressam a separabilidade entre as classes, na data de 08.02.77	111
IV.21 - Valores máximos de distância JM e canais que melhor expressam a separabilidade entre as classes, na data de 07.08.77	112
IV.22 - Número de comparações que expressam a separabilidade entre as classes, ao nível de 95 % de desempenho	113
IV.23 - Desempenho do sistema obtido através da análise de um canal ou combinação de canais, nas datas de 08.02.77 e 07.08.77	114

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O Cerrado, vegetação natural típica da região central do Brasil, ocupa grandes áreas do território nacional, estendendo-se desde latitudes ao norte do Equador até latitudes ao sul do Trópico de Capricórnio (Figura I.1). Essa vasta região, por se caracterizar pela predominância de terrenos de relevo plano a suavemente ondulado, o que favorece a mecanização agrícola, e face às possibilidades de melhoramento dos seus solos de baixa fertilidade natural, com o emprego de técnicas e manejo adequados, se constitui em enorme potencial para o aproveitamento agropecuário e silvicultural.

No entanto, em virtude da grande extensão e localização, bem como das dificuldades de acesso, que ainda existem na maior parte dessas áreas, não foi possível obter, até o momento, um levantamento total da distribuição e o conhecimento completo da fitofisionomia deste tipo de vegetação.

As imagens e as fitas compatíveis com computador (CCT), obtidas através do sensor "Multispectral Scanning System" (MSS) do LANDSAT, por permitirem uma visão sinóptica, repetitiva e multiespectral da superfície da Terra, representam um dos mais valiosos instrumentos de trabalho para esse tipo de levantamento. Esta asserção é endossada por Schruppf (1973), quando afirma que "a classificação da vegetação e seu posterior inventário, são os pontos iniciais para a resolução de muitos problemas quando se trata da manipulação dos recursos naturais, e o sensoriamento remoto, a nível orbital, pode ser usado para o levantamento da extensão

e do comportamento dos tipos de vegetação".

Este trabalho tem como objetivo primordial, de desenvolver a metodologia básica de interpretação visual e automática dos produtos de plataformas LANDSAT, visando ao le vantamento da distribuição das comunidades vegetais dos Cerrados, na área do Distrito Federal (DF).

Desta forma, fez-se um estudo dos parâmetros espectrais das diferentes unidades fisionômicas dos Cerrados, sob diferentes condições sazonais, levando-se em consi deração os grandes grupos de solos e classes de relevo. Espe ra-se que os resultados obtidos a partir dos dados orbitais possam contribuir ao estudo e ao mapeamento das demais áreas de Cerrados.

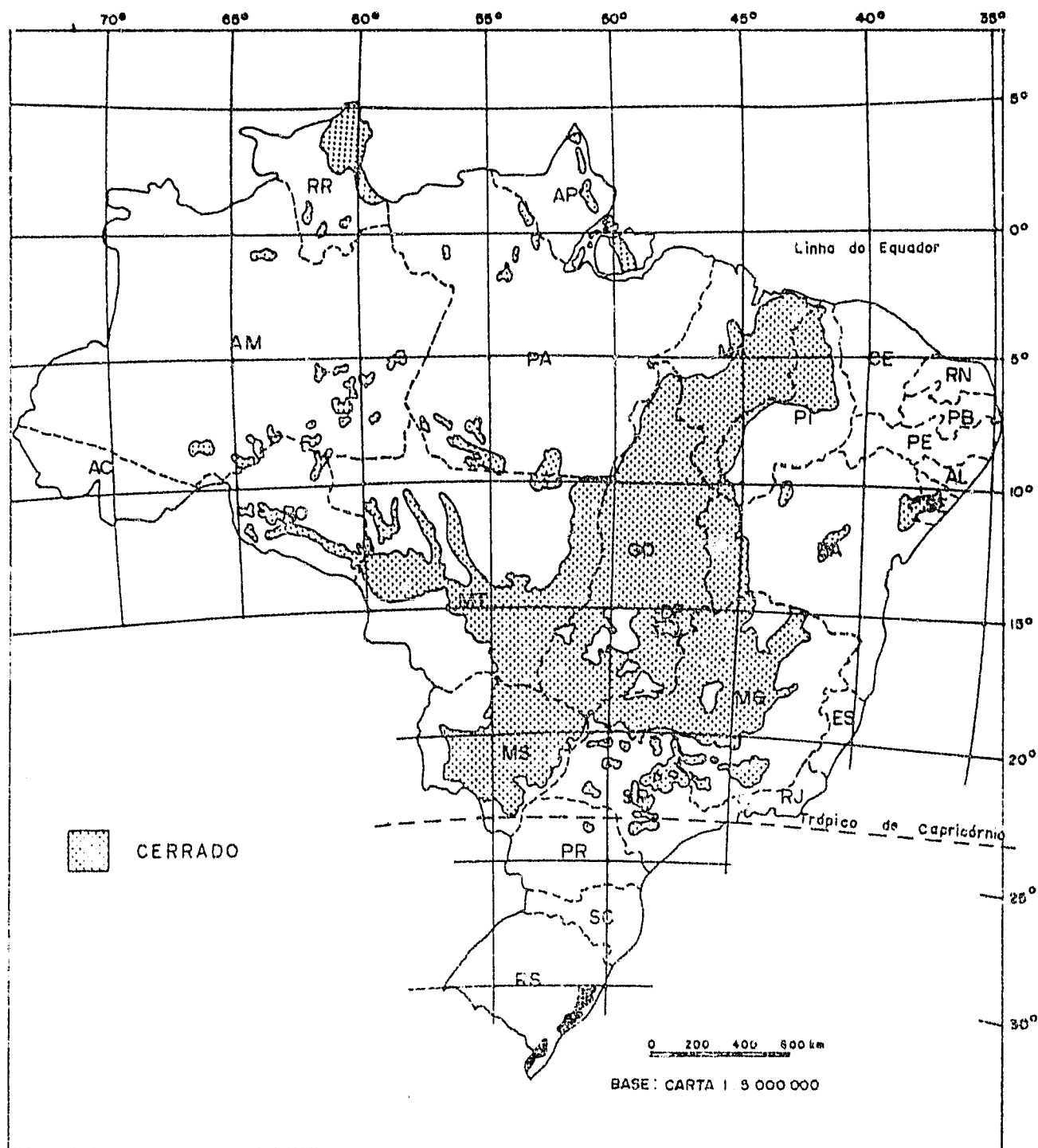


Fig. I.1 - Distribuição da vegetação de Cerrados
Fonte: IBGE (1970)

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

Para o conhecimento da vegetação de Cerrado e seu ambiente, bem como do seu comportamento espectral e utilização dos dados do MSS, fez-se uma pesquisa bibliográfica a fim de obter os subsídios necessários para fundamentar o estudo em questão.

2.1 - CONCEITUAÇÃO

Segundo Warming (1908), nos Cerrados podem ser distinguidas as formas "campos limpos" e "campos cerrados". No primeiro, predominam as gramíneas e outras ervas, e no segundo, as árvores e os arbustos. Para Aubréville (1959) e Veloso (1966), caracteriza-se o Cerrado pela presença de pequenas árvores bem espaçadas, intercaladas por arbustos e o terreno é coberto por gramíneas, à semelhança do que ocorre nas savanas tropicais.

Waibel (1948) e Magnanini (1959) consideram que o Cerrado constitui um tipo intermediário de vegetação, não sendo nem floresta nem campo. Da mesma forma, Löfgren (1912) observa que o Cerrado representa o termo médio da formação florestal xerofítica, visto que onde as condições físicas atingem às ideais, ele se apresenta mais denso, com árvores mais altas e menos tortuosas, e a flora mais rica em espécies.

Para Goodland (1969), o Cerrado é essencialmente um tipo arbóreo e arbustivo, na qual sempre se encontra um estrato herbáceo relativamente bem desenvolvido. Esta alcança dominância, apenas no campo sujo, sendo seu grau de

desenvolvimento praticamente o mesmo, tanto no campo sujo quanto no campo cerrado ou no cerrado. No cerradão, o recobrimento herbáceo do solo é mais rarefeito, provavelmente devido ao dossel arbóreo mais desenvolvido. O relatório da EMBRAPA (1975), define que o Cerrado é, em sentido genérico, um grupo de formas de vegetação que se apresenta segundo um gradiente de biomassa. Ferri (1977) menciona que o cerrado é constituído por dois grupos essencialmente opostos: o das espécies permanentes, que reúne todas as árvores e muitos arbustos, e o das espécies efêmeras, que compreende inúmeras plantas herbáceas. Refere-se ainda a um terceiro grupo, o das gramíneas, com espécies anuais e outras perenes.

2.2 - ASPECTOS FITOFISIONÔMICOS

Segundo Warming (1908), os Cerrados apresentam três estratos que abrangem: a) a vegetação herbácea e subar**u**bustiva; b) os arbustos, e c) as árvores.

A densidade da vegetação arbórea é extremamente diversa, desde campos com árvores isoladas, até os cerrados mais densos, quase florestas. Os troncos são, por vezes, baixos e atravês das copas largas, os raios solares penetram. A vegetação arbustiva é constituída, geralmente, de vegetais aéreos, perenes, com caules inteiramente lenhosos e ramificados desde a base. A vegetação herbácea e subar**u**bustiva é composta de gramíneas e outras ervas, sendo densa nos cerrados viçosos e rala nos campos limpos, com 50 cm de altura, em média.

Pelos estudos efetuados por Goodland (1969), o tamanho, a altura e a densidade das árvores aumentam do campo sujo até o cerradão. Para este autor, tais características fisionômicas aumentam, e também o número de diferentes

espécies de árvores, nas quatro categorias de vegetação. O número médio de espécies arbóreas varia de 31 no campo sujo, 36 no campo cerrado, 43 no cerrado e 55 no cerradão.

De acordo com os quocientes de afinidade estudados pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF (1976), os quatro tipos de Cerrado são muito semelhantes em conteúdo de espécies e na distribuição de diâmetro das árvores, sendo distintos na sua altura. Salienta essa publicação, que as melhores características para a diferenciação das formas de Cerrado são: área basal, altura da árvore e projeção da copa.

De acordo com Goodland (1969) e Ferri (1975), os Cerrados se apresentam segundo um gradiente de biomassa, na ordem seqüencial do campo sujo, campo cerrado, cerrado e cerradão. Os três primeiros termos se enquadram no grande grupo das formações campestres, o quarto dispõe-se entre as formações florestais.

Ferri (1975), ao classificar os Cerrados em campo sujo de cerrado, campo cerrado, cerrado e cerradão, afirma que, floristicamente, as quatro formas se assemelham, mostrando famílias, gêneros e espécies comuns. Distinguem-se, fisionalmente, por ser o campo sujo de cerrado a forma de vegetação menos densa e desenvolvida; o cerradão é a forma de maior biomassa sendo o campo cerrado e o cerrado formas intermediárias, o primeiro mais próximo em fisionomia do campo sujo e o segundo aproximando-se do cerradão. Por outro lado, Aubréville (1959) e Eiten (1974) acrescentam a essas quatro formas, o campo limpo de cerrado, que se caracteriza pela ausência de arbustos e árvores.

Os estudos realizados por Goodland (1969) e

Ferri (1977), mostram que as diferenças entre as várias formas dos Cerrados são graduais, difíceis de separar uma das outras, a não ser quando se consideram os casos extremos.

De acordo com Goodland (1969), as quatro categorias de Cerrados apresentam as seguintes características: campo sujo, com poucas árvores de até 3 metros; campo cerrado, com árvores mais numerosas, atingindo até 4 metros; cerrado, com árvores de até 6 metros; e cerradão, com árvores ainda mais numerosas, de até 9 metros. Eiten (1963) utiliza a altura de 7 metros para diferenciar cerrado, "sensu stricto", do cerradão.

Aubréville (1959) considera o cerradão um tipo de floresta densa, seca, muito baixa, cujas copas se tocam, sendo o povoamento de arbustos e árvores compacto, e o tapete gramináceo ralo; cerrado é uma savana arborizada, densamente arbustiva; campo cerrado é uma savana arborizada, com o seu povoamento florestal de aberto a muito aberto, e o campo limpo é um cerrado degradado ao extremo.

Faissol (1953) menciona que o cerradão ainda é um tipo de vegetação florestal, mas de transição para o campo cerrado, enquanto Rizzini (1963a) diz que, a maioria o considera, erroneamente, como um cerrado mais desenvolvido. Segundo Ferri (1977), o cerradão é, do ponto de vista fisionômico, uma floresta, mas do ponto de vista florístico, um Cerrado.

2.3 - FORMAS DE CERRADO

Para este trabalho foi utilizada a classificação adotada por Goodland (1969) e Ferri (1975) e, também contida no Relatório da EMBRAPA (1975), definidas por Aoki e

Santos(1979), como segue:

a) Cerradão

É uma vegetação mais baixa e menos densa que a maioria das florestas úmidas; as árvores apresentam altura superior a 7 metros e cobertura do solo pelas copas, variando de 30 % ou mais. Em geral, nos cerradões, não há presença de cipós e epífitas, o que permite a fácil locomoção por entre o arvoredado. No cerradão, são encontrados três estratos de vegetação: arbóreo, cuja altura varia de 7 a 10 metros, podendo ocorrer, porém, algumas árvores com até 20 metros e outras, com menos de 6 metros; arbustivo, mais denso, com predominância de arbustos de folhas coriáceas, com até 3 metros de altura; e herbáceo, formado por gramíneas, ciperáceas e certas espécies de orquídeas terrestres (Figura II.1).



Fig. II.1- Aspecto ilustrativo do cerradão localizado próximo a Brasília-DF

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

b) Cerrado

Uma das suas principais características é a presença de árvores e arbustos, cujos troncos e galhos são tortuosos, recobertos de suber espesso. Em geral, as folhas são grandes e espessas, sendo algumas coriáceas. As cascas apresentam-se grossas, fendilhadas, geralmente sem espinhos, cipós e epífitas (Figura II.2).



Fig. II.2 - Aspecto ilustrativo do cerrado na área da Reserva Biológica das Águas Emendadas - DF.

c) Campo cerrado

Caracteriza-se pela presença de pequenas árvores, arbustos baixos e espaçados, disseminados sobre uma sinúsia herbácea em que predominam gramíneas. Sua flora arbórea-arbustiva mais alta pode atingir 3 metros, integrada por indivíduos bastante espaçados entre si (Figura II.3).



Fig. II.3 - Aspecto ilustrativo do campo cerrado localizado próximo à estrada DF-3.

d) Campo sujo de cerrado

Pode ser considerado um campo cerrado degradado, consequência da ação do homem, caracterizado pela presença de poucas e pequenas árvores, e sinúsia herbácea-arbustiva como a do cerrado (Figura II.4).



Fig. II.4 - Aspecto ilustrativo do campo sujo de cerrado na área do Parque Nacional de Brasília.

2.4 - CORRELAÇÃO VEGETAÇÃO - CLIMA

Rawitscher et al. (1943) informam que a vegeta
ção de Cerrado compõem-se de: a) plantas que vegetam somente
durante a época chuvosa e cujo comportamento ainda não foi
estudado; b) gramíneas com raízes pouco profundas que mur
cham quando esgotada a água, e c) arbustos e pequenas árvo
res com raízes muito profundas, dos quais, a maioria, perma
nece verde durante toda a seca.

Rawitscher et al. (1943), Ferri (1944), Rachid
(1947) e Ferri e Coutinho (1958) mostram, através de traba
lhos experimentais, que as plantas de sistema radicular pro
fundo do Cerrado, não sofrem deficiências de umidade e trans
piram livremente o ano todo, mesmo na estação seca. Pelos es
tudos de Cervellini et al. (1972), não ficou comprovada a
ocorrência de deficiência hídrica para a vegetação dos Cerra
dos.

Conforme Camargo (1963), o confronto da distri
buição dos Cerrados, segundo a carta preparada por Azevedo
(1959), com a de classificação climática de Koeppen, mostrou
que os Cerrados são encontrados nos mais variados tipos de
clima: Am - quente e úmido, de curta estação seca; Aw - quen
te e úmido, com estação seca pronunciada de inverno; Cwa
- tropical de altitude, com verões frescos e estação seca de
inverno; Cfa - subtropical, com verões quentes e sem estação
seca; Cfb - subtropical, com verões frescos e sem estação se
ca. Da mesma forma, ao estudar os Cerrados de Minas Gerais,
o IBDF (1976) não encontrou relações entre as condições cli
máticas e o crescimento em Cerrados de vários tipos, mostran
do que os fatores climáticos não limitam a ocorrência da ve
getação do Cerrado na região.

Se para Rizzini e Pinto (1964) e Ferri (1974), o fator umidade pode limitar e condicionar a vegetação, para Askew et al. (1971), as condições de umidade não são suficientes para explicar o limite abrupto entre as formações Cerrado, campo e matas em galeria.

Grisi (1971) observa "a possibilidade de um Cerrado na dependência do fator água, protegido dos elementos que usualmente o devastam, venha a se constituir numa vegetação semelhante, fisionomicamente, ã mata". Segundo Reis (1971), as diferenças de regimes hídrico e têrmico, dentro de certos limites, não implicam modificações sensíveis na fisionomia da vegetação do Cerrado.

Joly (1970) menciona que, a prolongada estiagem tem reflexos marcantes na região dos Cerrados. Toda a vegetação herbácea e arbustiva baixa, em geral, seca e desaparece. As gramíneas ficam com folhas e colmos esturricados, de cor amarelo-dourada característica. Os arbustos esparsos perdem suas folhas e os ramos secos persistem. Muitas árvores também perdem suas folhas, outras não. De acordo com Rizzo et al. (1971), os Cerrados apresentam aumento de queda de folhas a partir de junho, atingindo o seu ponto máximo em sentembro e a seguir diminui. Este período corresponde, segundo Pimentel et al. (1977), ao número de meses mais secos, com precipitações totais inferiores a 30 mm. Pelas observações de Goodland (1969), na estação seca as folhas apresentam-se menos verdes, envelhecidas e mais coriáceas. Na estação chuvosa, apresentam-se mais novas e tenras, ostentando um verde mais claro e brilhante. A floração ocorre, principalmente, na estação seca, sem contudo restringir-se exclusivamente a ela.

2.5 - CORRELAÇÃO VEGETAÇÃO-SOLO

Segundo Waibel (1948), o gradiente que existe nos Cerrados, depende, principalmente, de diferenças de solo, das condições do lençol freático e do material da rocha matriz e não do clima, que é uniforme. Observou ainda que, quando existe Cerrado, lado a lado com a mata, o primeiro fica nos solos mais pobres e o segundo nos melhores.

Para Alvim e Araújo (1952), a distribuição dos Cerrados, dentro de seu próprio limite fitogeográfico, é regulado mais pelo solo do que por qualquer outro fator ecológico. De acordo com Alvim (1954), das teorias propostas para explicar a formação dos campos cerrados, a única que se baseia em provas experimentais é a que se baseia na composição química do solo, a qual é função, principalmente, de sua origem geológica, como também da sua própria evolução.

Arens (1958) conclui que o Cerrado representa, em grandes partes do Brasil, um clímax edáfico e em outras, especialmente nos limites sulinos de sua área de distribuição, um sub-clímax, decorrente da ação do fogo. Para Eiten (1972), o Cerrado pode ser considerado um clímax climático, edáfico e topográfico.

De acordo com Jacomine (1964) e Leonardos (1975), os solos onde ocorrem os Cerrados são diversificados, apresentando, invariavelmente, como característica comum, a baixa fertilidade natural. Goodland (1969) verificou que todos os fatores do solo, com exceção do alumínio, aumentavam, em teor de nutrientes, do campo sujo ao cerradão. Assim, ocorre campo sujo em solos mais ácidos, com menos matéria orgânica e nutrientes; os dois tipos intermediários, campo cerrado e cerrado, apresentam condições intermediárias

de fertilidade do solo; o cerrado é o tipo de vegetação que cresce em solo de melhores qualidades do gradiente considerado. Goodland e Pollard (1973), chegam à conclusão de que há um gradiente de fertilidade que explica o gradiente campo sujo a cerrado. Freitas e Silveira (1977) salientam que, os solos sob vegetação de Cerrado apresentam uma grande variação, tanto no que diz respeito às características físicas e morfológicas, como a alguns fatores de formação, tais como material de origem, clima, relevo, altitude, profundidade do perfil, textura, drenagem, permeabilidade, pedregosidade e erosão.

Ao estudarem os Cerrados no Estado de São Paulo, Borgonovi e Chiarini (1965) concluem que, a ocorrência de cerrado, cerrado e campo é proveniente, principalmente, do fator solo, colocando o clima em situação secundária. Contudo, para Medina e Grohmann (1966), esses solos não apresentam nenhuma característica física que possa ser considerada como responsável pelo aparecimento desse tipo de vegetação.

Para Azevedo (1966), o aparecimento do Cerrado, na região de Januária (MG), está estreitamente ligado às áreas de solos mais ricos em sílica, enquanto o cerrado está condicionado à ocorrência de situações particulares, ligadas ao fator solo, à topografia ou a profundidade do lençol freático. Entretanto, Ratter et al. (1977) concluem que, por mais complexa que seja a causa fisiológica fundamental, a ocorrência do cerrado, de tipo mesotrófico, é um indicador sensível de mais altos níveis de pH e de cálcio trocável, permitindo o reconhecimento, até de pequenas áreas com tais características. Segundo Braun (1962), as variações fitofisionômicas relacionam-se com a capacidade de retenção hídrica dos solos. Assim, o cerrado ocorre nas áreas de latossolos, de superfícies aplainadas, com alta porosidade, embora

14

contendo laterito e a formação campo limpo, domina nas áreas de rego-litossolos, rasos e impermeáveis.

2.6 - CORRELAÇÃO VEGETAÇÃO-RELEVO

Para Warming (1908) as diferenças entre campos limpos e campo cerrados, provêm da natureza do terreno, especialmente das condições da superfície, dos declives e da variação na composição do solo resultante. Nos flancos dos morros lavados pelas chuvas, predominam os campos limpos, com postos unicamente de gramíneas, ervas e poucos arbustos. Nos terrenos mais planos, no entanto, existe a presença de árvores e arbustos em maior abundância, que são denominadas cerrados.

De acordo com Faissol (1957), Brasil (1973) e Ferri (1974), a vegetação do Cerrado ocupa, geralmente, áreas de relevo relativamente plano.

Beiguelman (1963) considera que a ação das derubadas e queimadas pode determinar o estabelecimento e a manutenção do Cerrado nas áreas devastadas. Todavia, lembra também que a topografia deve merecer a devida importância. Segundo Rizzini (1963b), o campo limpo e o campo sujo apareceriam nas regiões mais altas, frias e úmidas, e o Cerrado, nas regiões mais baixas, quentes e secas, no setor do Planalto Central.

Hueck (1972) diz que, no extenso planalto, existe um sistema de elevações, em parte cobertas por savanas. Em maior frequência, porém, ocorrem as estepes, completamente desprovidas de árvores. No entanto, pelos estudos de Marini (1975), o relevo dominante no Cerrado é o tabuliforme, nas regiões de rochas sedimentares e ígneas extrusivas,

e montanhoso suave, nas regiões de rochas metamórficas, bastante deformadas e ígneas intrusivas.

2.7 - COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

A interação da radiação solar com a folha da cobertura vegetal e o espalhamento de luz, é para Idso e Wit (1970), um fenômeno que requer um estudo detalhado, antes da análise dos dados sensoriados.

Para Gates (1970), a intensidade de reflectância da vegetação depende de fatores próprios (morfologia, fisiologia e até mesmo a geometria da folha) e de fatores ambientais (tipo de solo e clima).

Estudando o comportamento espectral das plantas, Hoffer e Johannsen (1972) dividiram a curva padrão de reflectância de uma folha verde, em três faixas espectrais características, como se mostra na Figura II.5. Essas faixas são as seguintes:

- a) faixa de 400 a 700 nm^{*}
- b) faixa de 700 a 1300 nm
- c) faixa de 1300 a 2600 nm

(*) símbolo de nanometro, unidade linear de medida e que corresponde a 10^{-9} m (forma atual e legal de representar o milimicro - Dec. 63.233 de 12.09.68)

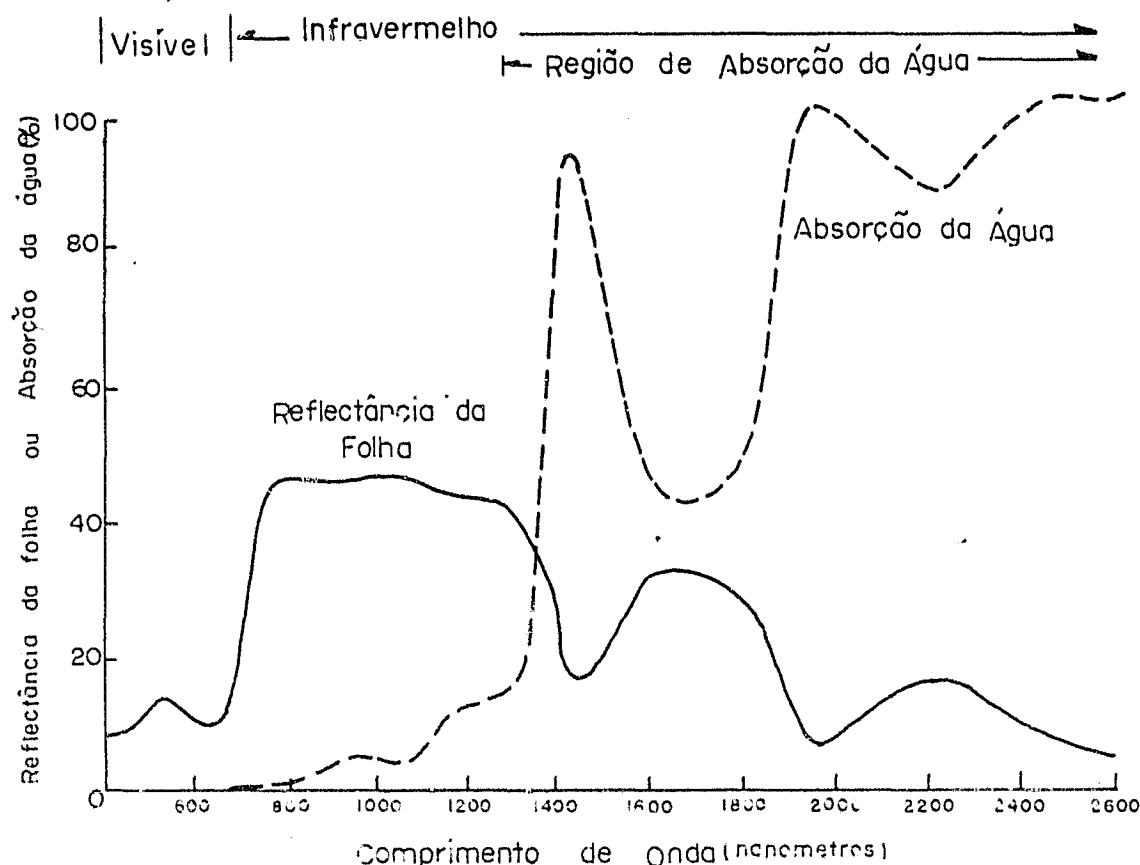


Fig. II.5 - Três regiões de resposta espectral de uma folha verde
Fonte: HOFFER e JOHANSEN (1972)

A reflectância pode ser afetada pelo processo de mudanças de pigmentação, que segundo Morain (1974), pode ser detectada na faixa de 400 a 700 nm. De acordo com autores como Thomas et al. (1967), Hoffer (1972c), Thomas e Oerther (1972), a reflectância nesta faixa está associada à presença de pigmentos no interior dos cloroplastos. Para estes mesmos autores, a absorção da energia solar que ocorre nesta faixa, depende, principalmente, da concentração de clorofila. Para Hoffer (1972c), outros pigmentos como carotenos, xantofilas e antocianinas, também têm influência na resposta espectral, porém, é mascarada pela maior presença de

pigmentos de clorofila.

Thomas e Oerther (1972) e Maxwell (1975a) afirmam que a folha verde absorve a energia eletromagnética mais eficientemente nos intervalos de 400 a 500 nm e 650 a 690 nm.

Na faixa de 700 a 1300 nm, autores como Gates et al. (1965), Nosseir e Palestino (1973), mencionam que a estrutura morfológica da folha é o principal fator ligado à reflectância da vegetação. Morain (1974), principalmente, afirma que as diferenças estruturais no mesófilo esponjoso podem ser indiretamente observáveis na faixa de 800 a 1000 nm.

Para Kumar (1972) e Hoffer (1972a), na faixa de 700 a 1300 nm, há um considerável espalhamento da radiação pela folha e mesmo ocorrendo a absorção pela água presente, não tem influência significativa na reflectância da folha.

O efeito das múltiplas camadas de folhas e a densidade de cobertura vegetal, caracterizam, segundo Hoffer (1972a), uma alta reflectância e baixa absorção na faixa de 700 a 1300 nm, comparada à faixa do visível (400 a 700 nm).

Na faixa de 1300 a 2600 nm, autores como Myers e Allen (1968), Gausman et al. (1970), Gates (1970) e Hoffer e Johannsen (1972), relatam que a resposta espectral é influenciada pela presença de água nas plantas (Figura II.6). Segundo Morain (1974), a deficiência hídrica nas folhas, pode ser detectada na faixa de 1600 a 2600 nm, no infravermelho próximo.

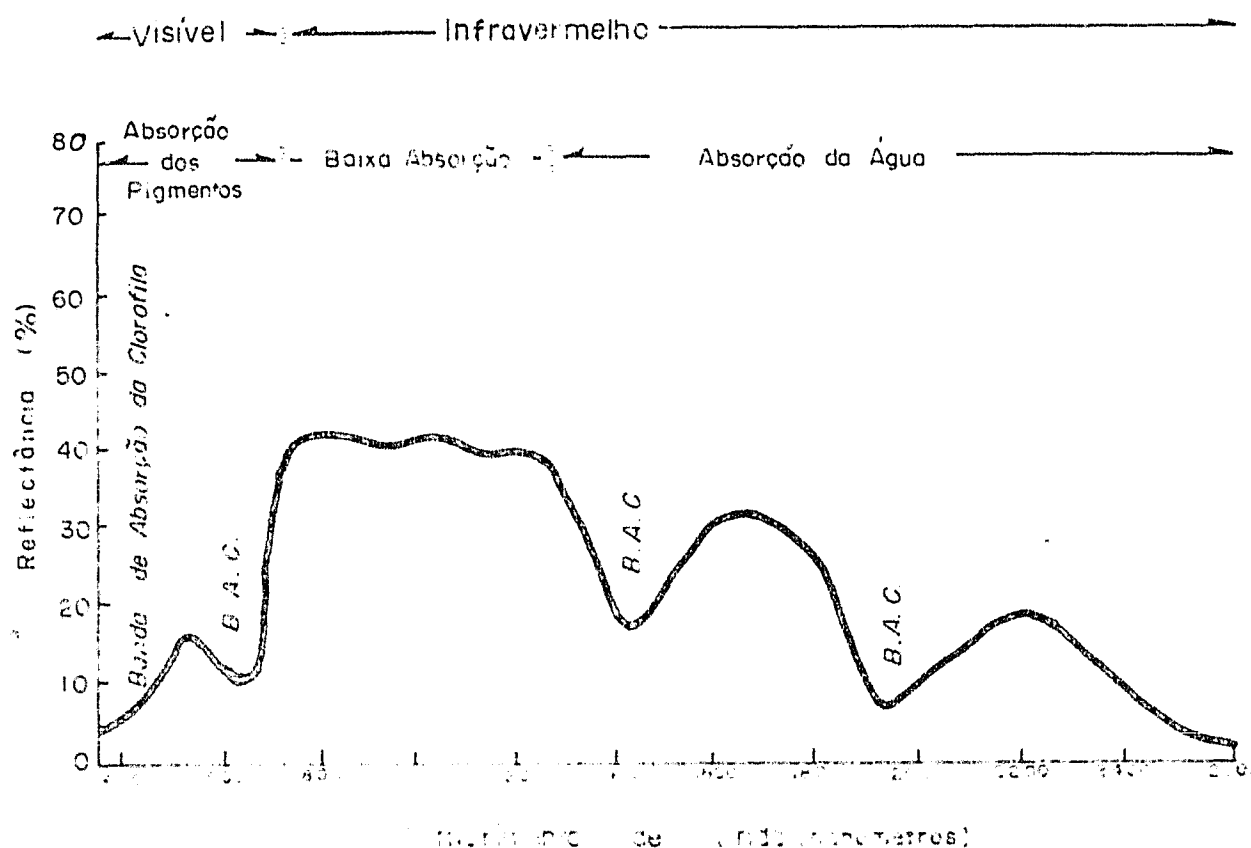


Fig. II.6 - Relação entre a reflectância da folha e a absorção da água na faixa de 400 a 2600 nm
Fonte: HOFFER e JOHANNSEN (1972)

A presença de pêlos, na superfície da folha, influi na resposta espectral da vegetação, em determinadas regiões do espectro. Para Gausman e Cardenas (1968), a disposição dos pêlos na epiderme e seu comprimento, também influem na reflexão da luz. Ao estudarem folhas de *Gynura aurantiaca*, os mesmos autores notaram que a presença de pêlos, aumentava a reflectividade na faixa de 750 a 1000 nm e diminuía entre 1000 a 2500 nm.

Segundo Pearman (apud Gausman e Cardenas, 1968), a presença de pêlos serve de interface à penetração

da radiação e espalha a luz, provocando o decréscimo na absorção pela folha. Smith e Nobel (1977) também chegaram à mesma conclusão, acrescentando que, o aumento de pêlos, no período seco, causa um substancial decréscimo na absorptância da radiação solar na faixa de 300 a 3000 nm.

Para Gates (1970), além da presença de pêlos, a coloração das folhas pode afetar a reflectância espectral, no visível e no infravermelho próximo. Gausman (1974) também menciona o efeito destes dois fatores no decréscimo da reflectância, na faixa do infravermelho.

Gausman et al. (1974), em estudos com folhas normais (verdes) e folhas com clorose (esbranquiçadas), concluíram que aquelas com alto teor de xantofila apresentam maior refletividade na faixa do visível.

Para Gausman et al. (1970), a maturidade da folha é outro fator que influencia a resposta espectral da cobertura vegetal. Apresenta pouca influência na faixa de 500 a 750 nm, porém, aumenta a reflectância a partir de 750 nm quanto mais madura for a folha. Estes mesmos autores concluíram que a reflectância, na faixa de 750 a 1300 nm, está associada à compactação da estrutura celular interna da folha.

2.8 - UTILIZAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA IDENTIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Myers e Allen (1968) mencionam que, no estudo de vegetação, o espectro de luz refletida ocorre no infravermelho próximo, entre 700 a 1300 nm, onde a reflectância é alta e a absorptância é mínima. A partir dessa constatação, conclui-se que, o sensoriamento remoto a nível orbital, obtendo informações na faixa de 500 a 1100 nm, pode ser usado no

levantamento dos tipos de vegetação, em termos de comportamento e extensão.

Sayn-Wittgenstein (1972) acredita que, através do Sensoriamento remoto a nível orbital, há possibilidades de identificação e mapeamento de florestas e outros tipos de vegetação. No entanto, para Morain (1974) a detectabilidade dos gradientes de tipos variados de vegetação, básica na elaboração de mapas de cobertura vegetal, é crucial em sensoriamento remoto.

Para Myers e Allen (1968), as mudanças na densidade foliar da cobertura vegetal, causam variações na resposta espectral. Gates, citado por estes mesmos autores, utiliza os dados espectrais envolvidos na cobertura vegetal, para estimar quantitativamente a energia recebida pelos sensores.

Maxwell (1975a) menciona que o aumento de biomassa da vegetação pode reduzir ou aumentar a reflectância, nos canais 5 e 7 do MSS, respectivamente, face à presença da clorofila, que absorve ou reflete a radiação. Segundo Tucker et al. (1975), pode ocorrer uma alta correlação entre a reflectância espectral e a biomassa verde, nas duas faixas (visível e infravermelho) de absorção dos pigmentos. Esta correlação baseia-se no teor de clorofila, estrutura interna das folhas e arranjo geométrico da própria cobertura vegetal.

Seevers et al. (1975) utilizaram o canal 5 do MSS (600 a 700 nm), para avaliar o uso de dados do LANDSAT-1, na estimativa de biomassa da vegetação. Concluíram que, em áreas onde a cobertura vegetal é descontínua, ou seja, onde o solo também influi na resposta espectral,

este fator dificulta a estimativa. Para Siegal e Goetz (1977), a resposta espectral da cobertura vegetal depende da quantidade e do tipo de vegetação, além da reflectância do terreno.

Elbersen (1973), Grehs (1974) e Santos e Novo (1977), verificaram através da análise visual das imagens do canal 5 do MSS, que a mata em galeria apresenta tonalidade cinza-escura. Para Elbersen (1973), esta vegetação se caracteriza, na imagem do canal 7 do MSS, por uma tonalidade cinza-clara. Para Santos e Novo (1977), ela não apresenta limites bem definidos nesse canal.

Para King e Rains (1974), as áreas de florestas apresentam tons escuros contínuos, devido à baixa refletividade na região do vermelho do MSS. Santos e Novo (1977) complementam esta observação, afirmando que, neste canal, as áreas de mata densa apresentam tonalidade cinza-escura homogênea resultante da cobertura vegetal contínua. No canal 7 a tonalidade é cinza-clara, devido à alta porcentagem de reflexão de energia infravermelha pela copa das árvores, constituída por folhas em que o mesênquima é o principal responsável por esse comportamento.

Nosseir et al. (1975), identificaram a caatinga, nos canais 4 e 5 do MSS, na região norte do Estado de Minas Gerais, limítrofe com o Estado da Bahia, devido à sua tonalidade cinza-escura, causada pelo baixo índice de área foliar e sua distribuição homogênea no solo.

Heller (1975), ao estudar classes de uso da terra, incluindo as florestas, concluiu que tanto a interpretação visual como a automática, permitem igual precisão na classificação. Ainda assim, depende da disponibilidade de

22

equipamento e treinamento de pessoal.

Kirvida e Johnson (1973) estabeleceram que o uso de análise automática, baseada nas características espaciais e multiespectrais, possibilitaram separar florestas de coníferas (aciculifoliadas) das folhosas (latifoliadas). Safir et al. (1973), utilizaram a análise automática na identificação de tipos florestais e o reconhecimento foi possível quando a cobertura vegetal mostrava-se uniforme e madura.

2.9 - INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA RESPOSTA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

O estudo da vegetação, através dos dados sensorizados, pode ser feito a partir de medidas de radiação refletida e emitida pela cobertura vegetal. Assim, a resposta espectral da vegetação está associada às suas próprias características intrínsecas e aos fatores ambientais. O conhecimento desses fatores e sua influência no comportamento da vegetação é, pois, imprescindível e necessário à interpretação dos dados sensorizados.

2.9.1 - FATORES CLIMÁTICOS

Segundo Valério Filho et al. (1976), o estudo do clima de uma região é muito importante, pois influencia os aspectos apresentados pelos diferentes tipos de vegetação, nas imagens orbitais.

Para Weber et al. (1972) e Kan e Dilman (1975), a análise dos dados sensorizados é necessária em todas as estações do ano, para testar e aperfeiçoar as técnicas de classificação da cobertura vegetal. Segundo Safir et al. (1973), a precisão de classificação dos tipos de vegetação depende

da época em que os dados sensorizados são coletados.

Para Borden et al. (1974), os dados de verão e inverno, separadamente e em conjunto, permitem a discriminação entre espécies de coníferas e folhosas. Kan e Dilman (1975) concluíram que, os dados do MSS das épocas de inverno e primavera, nas faixas do vermelho (600 a 700 nm) e do infravermelho (700 a 1100 nm), são os melhores em estudos de separação dos aspectos de florestas, com folhas perenes e aciculadas, diferentes daquelas de folhas decíduas e largas.

Segundo Valério Filho et al. (1976), as diversas unidades de vegetação, estudadas na região sul do Estado de Mato Grosso, mostram um contraste acentuado entre as épocas seca e úmida. O desenvolvimento vegetativo é melhor na época de maior disponibilidade de água. Para Santos e Novo (1977), o uso de imagens do período seco mostrou-se melhor para a identificação de tipos de cobertura vegetal, cujos substratos apresentaram sistemas radiculares diferentes.

A correlação existente entre os parâmetros do clima e o desenvolvimento fenológico da vegetação, ressaltando a utilização das imagens orbitais, pode ser observada através dos trabalhos de Lauer (1969), Williamson (1973), Wiegand et al. (1973), Ashley e Dethier (1973) e Smith e Nobel (1977).

2.9.2 - FATORES EDÁFICOS

Baver (*apud* Myers e Heilman, 1969), relata que a natureza do próprio solo e a vegetação são fatores que afetam a quantidade de energia que atinge ou é retida no solo por unidade de área.

Segundo Hilwig et al. (1974), nos casos em que a cobertura vegetal é fator dominante, o conhecimento da relação solo/planta pode oferecer indicação das condições do solo, o que é confirmado através das imagens tomadas pelo LANDSAT-1.

Gebermann (*apud* Richardson et al., 1975), explica que a resposta espectral da vegetação é um complexo da reflectância das plantas, forma da cobertura vegetal e do solo. Siegal e Goetz (1977), ressaltam que a vegetação natural pode mascarar e alterar, significativamente, a resposta espectral obtida pelo MSS, no estudo do solo. Acrescentam ainda que, esta resposta depende do comprimento de onda, das características de reflectância da vegetação e do material de origem do terreno.

Para Wong et al. (1977), as características do solo, entre outros fatores, estão correlacionadas com a vegetação, o clima e a topografia. As imagens MSS do LANDSAT-1 apresentam vantagens espaciais e temporais na análise, pois, de acordo com Westin e Myers (1973), ao visualizar a vegetação, em épocas diferentes de desenvolvimento, é possível associar o tipo de solo existente. Parks e Bodenheimer (1973) basearam-se nas respostas espectrais características e uniformes da cobertura vegetal, para o delineamento de três associações de solos no Tennessee, Estado Unidos.

2.9.3 - FATORES FISIOGRAFICOS

Segundo Maxwell (1975a), o monitoramento das condições do solo depende de informações da cobertura vegetal e da topografia. Este último aspecto é relatado por Wong et al. (1977), como fator atuante na formação do solo, devendo ser considerado nas técnicas de análise multiespectral.

Uma relação entre a densidade de drenagem, vegetação e topografia, feita por Strahler (1957), indicou uma baixa densidade de drenagem em áreas de densa cobertura vegetal, onde o relevo é pouco pronunciado.

Para King e Rains (1974), as imagens multiespectrais, no canal 7 do MSS (800 a 1100 nm), revelam condições topográficas de áreas cobertas por florestas.

Para Schrumpf (1973), a vegetação natural pode ser identificada nas imagens do LANDSAT-1, a partir do conjunto de características físicas do terreno que destacam o relevo, a densidade de drenagem e o material de origem.

Em estudos no sul do Estado do Espírito Santo, Santos (1976), fazendo uso dos canais 5 e 6 do MSS, constatou a ocorrência de uma vegetação de porte médio e pequeno em áreas de relevo plano a suavemente ondulado e florestas em áreas de relevo mais movimentado.

2.10 - DADOS DO LANDSAT NO ESTUDO DA VEGETAÇÃO DE CERRADO

Muitos autores divergem quanto à apresentação dos tipos de Cerrados, em relação às suas unidades fisionômicas. Na área de sensoriamento remoto, autores como Nosseir et al. (1975) e Valério Filho et al. (1976) identificaram, em imagens multiespectrais, as formas cerradão, cerrado e campo cerrado. Grehs (1974) incluiu a forma cerrado degradado, sujeito a queimadas periódicas, que deixam freqüentemente, o solo exposto.

Santos e Novo (1977) chegaram a distinguir, a través da análise do canal 5 do MSS e verificação de campo, cerrado com predominância de substrato de dicotiledôneas e

cerrado com predominância do substrato de gramíneas. No primeiro, a tonalidade é cinza média, devido às dicotiledôneas que se apresentam verdes e com cobertura contínua do solo, mesmo durante a estação seca, face ao seu sistema radicular profundo. No segundo, a tonalidade é cinza mais clara, porque as gramíneas possuem sistema radicular pouco profundo, em geral, perdendo a vitalidade na estação seca e deixando o solo exposto. Esta tonalidade mais clara, também é citada por Nosseir et al. (1975), em áreas de Cerrado com solo exposto. A reflectância da vegetação é influenciada pela resposta espectral do solo, que é mais intensa, na faixa de 500 a 700 nm (canais 4 e 5).

Quanto ao comportamento espectral nas imagens orbitais, Valério Filho et al. (1976), em estudos nas áreas de Ribeirão Preto (SP) e Dourados/Amambai (MT), concluíram que os canais 5 e 7 do MSS, apresentaram maior contraste de reflectância entre as unidades de cerrado e campo cerrado.

De acordo com Nosseir et al. (1975), o cerradão, fisionomia florestal do Cerrado, é caracterizado nos canais 4 e 5 do MSS, por uma tonalidade homogênea cinza-escura, enquanto nos canais 6 e 7, apresenta-se cinza-clara. Santos e Novo (1977), ao analisarem imagens do período seco dos canais 5 e 7, também chegaram à mesma conclusão, em termos de tonalidade, dado o caráter perenifólio do cerradão, que na época seca apresenta densa cobertura do solo, mantendo sua folhagem normal. Grehs (1974), analisando imagens da época seca encontrou, no canal 5 do MSS, uma tonalidade bem escura e textura homogênea para o cerradão. Ainda nesse canal, a forma cerrado (sensu stricto), foi caracterizada por uma tonalidade cinza-escura e textura heterogênea.

Para Nosseir et al. (1975), o cerrado apresenta

uma tonalidade cinza média, nos canais 4 e 5 do MSS. Esta tonalidade, também foi encontrada por Santos e Novo (1977), ao analisarem imagens do canal 5, destacando manchas de tonalidade mais escura onde o cerrado apresentava adensamento das copas.

A forma campo cerrado foi caracterizada por Grehs (1974), por uma tonalidade cinza-clara e textura homogênea no canal 5, durante a época seca. Santos e Novo (1977), encontraram a mesma tonalidade para esta forma, localizada em áreas de topografia mais movimentada, e constituída de espécies arbustivas no estrato superior e de gramíneas no inferior. Para Valério Filho et al. (1976), nas imagens da época úmida, o campo cerrado apresenta tons uniformes de cinza médio.

Constata-se que nenhum trabalho faz alusão ao comportamento espectral da unidade fisionômica denominada campo sujo de cerrado. Santos e Novo (1977) porém, relatam que em áreas de "campos", onde predominam as gramíneas, a tonalidade é cinza-clara, nas imagens do canal 5.

2.11 - MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS NO ESTUDO DA VEGETAÇÃO NATURAL

Esta seção corresponde a uma revisão bibliográfica sobre os materiais e métodos empregados por diversos autores, na identificação de tipos de vegetação com uso de imagens orbitais, nas fases de interpretação visual e automática, e na de verificação de campo.

2.11.1 - MATERIAIS

Heath e Parker (1973), analisando dados das

quatro faixas espectrais do MSS, no estudo de tipos de vege
tação, concluíram que as faixas 6 e 7 do MSS oferecem maio
res informações na caracterização das folhosas.

Elbersen (1973) fazendo um estudo das áreas de savanas, em Eastern Columbia, e correlacionando solo/ vegeta
ção/relevo, concluiu que os canais 5 e 7 oferecem as melho
res informações.

Para Grehs (1974), as imagens do MSS em preto e branco, nas escalas 1:1.000.000, 1:500.000 e 1:250.000, de um modo geral, permitem o mapeamento dos recursos naturais, com objetivo de estudos regionais. O mesmo material foi uti
lizado por Varela (1977), em estudos de inventário flores
tal. No estudo da vegetação dos Cerrados, os produtos foto
gráficos em preto e branco, das quatro faixas do MSS, nas mes
mas escalas, foram utilizados, em parte ou no todo, por Grehs (1974), Nosseir et al. (1975), Valério Filho et al. (1976) e Santos e Novo (1977).

Ashley e Dethier (1973) mencionam que, os da
dos do MSS/LANDSAT, armazenados em fitas compatíveis com com
putados (CCT), são valiosos no estudo da reflectância espec
tral e das variações fenológicas da massa foliar.

Sayn-Wittgenstein e Kalensky (1974) e Odenyo e Pettry (1977) respectivamente, em estudos de padrões de floresta e de classes de uso da terra, concluíram que os da
dos digitais originais contidos em fitas CCT são superiores, em qualidade, àqueles de imagens fotográficas, fornecendo a máxima informação radiométrica possível pelo uso do MSS.

2.11.2 - MÉTODO EMPREGADO NA INTERPRETAÇÃO VISUAL

Para Carter e Stone (1974) e Fletcher (1977), o procedimento usado na interpretação das fotografias aéreas pode ser igualmente aplicado na análise de imagens orbitais. Contudo, Hoffer et al. (1966) e Brooner et al. (1971), ressaltam que muitos dos princípios utilizados na fotointerpretação convencional, não se aplicam aos dados sensorizados multiespectralmente.

Segundo Hoffer (1972b) e Estes e Simonett (1975), os elementos básicos incluídos nas imagens, tais como tamanho, forma, sombra, tom, cor, textura e padrão, são algumas das características a serem consideradas durante a interpretação. Perez e Garcia (1977) acrescentam, a esses parâmetros, a localização, a associação de minúcias e a resolução apresentada na imagem. O contraste, na imagem é, para Lauer (1969), o critério principal que define a interpretação dos dados sensorizados.

Para Nichols (1973), Grehs (1974), Gimbarzevsky (1974) e Santos (1976), a interpretação das imagens orbitais baseia-se nos critérios de diferenciação de tonalidade e textura.

De acordo com Carter e Stone (1974) e Estes e Simonett (1975), para a escala das imagens orbitais, a textura constitui um fator interpretativo muito importante.

Em estudos que identificam os Cerrados, dentre outros tipos de vegetação, Nosseir et al. (1975), Valério Filho et al. (1976) e Santos e Novo (1977) utilizaram o padrão de tonalidade como fator interpretativo.

Para Schwarz e Gaydos (1975), na interpretação visual, a comparação de gradações de cinza só é possível, quando a paisagem é pouco complexa e a resposta espectral é uniforme para grupos de "pixels"*.

Segundo Santos e Novo (1977), o levantamento da cobertura vegetal deve ser efetuado, com imagens de baixo contraste. Isto permite o registro de pequenas variações da resposta espectral do alvo, aumentando a separabilidade tonal correspondente aos diferentes tipos de vegetação, identificados através da análise visual.

2.11.3 - MÉTODO EMPREGADO NA VERIFICAÇÃO DE CAMPO

Para Benson et al. (1971), os dados de campo, coletados dentro da área de interesse, são componentes essenciais à familiarização da área, além de proporcionar a base para a interpretação das imagens e a avaliação dos resultados. Williamson (1973), Williams e Coiner (1975), Murine (1975) e Hilwig (1976), recomendam a verificação de campo para teste da precisão dos dados sensoriados.

Para Draeger e Carnegie (1974), as observações das condições do alvo, bem como a forma e aparência, na época do imageamento, propiciam informações suplementares, que facilitam o reconhecimento dos alvos. De acordo com Kalensky e Wilson (1975), o arranjo espacial e a morfologia da cobertura vegetal, devem ser observados no campo, pois são características que podem definir a resposta espectral da vegetação. O objetivo do estudo, a facilidade de acesso aos locais de verificação, o fator tempo, a necessidade dos

(*) Menor elemento de resolução do MSS no terreno, de dimensão, aproximada de 57 m X 79 m.

dados estatísticos e a escala de trabalho são, para Curtis e Hooper (1974), alguns dos fatores a serem levados em consideração na execução do trabalho de campo.

Segundo Paijmans (1966), a caracterização da vegetação tropical, durante o trabalho de campo, deve ser apoiada, preferivelmente, por fotos aéreas, nas escalas 1:20.000 a 1:50.000. A técnica de fotografar a vegetação no campo, de acordo com as respectivas categorias, acompanhadas da descrição das características de cada alvo, é recomendada por Draeger e Carneggie (1974).

2.11.4 - MÉTODO EMPREGADO NA INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

Para Nichols (1973), a interpretação automática permite uma eficiente análise da informação espectral, "pixel" por "pixel", oferece, ainda, maiores minúcias na classificação de áreas agrícolas ou florestadas, e se baseia na composição das espécies ou associações de plantas, com alto grau de precisão.

Anuta et al. (1971), descrevem três passos fundamentais para os métodos de classificação automática: pré-processamento dos dados; seleção de áreas de treinamento e análise da assinatura, e classificação automática e avaliação dos resultados.

Para Goodenough e Shlien (1974), na análise automática deve-se: verificar se as classes de cobertura vegetal são individualmente distinguíveis; selecionar características próprias para sua discriminação, e adotar um método de decisão, para definir a que classe pertence o elemento analisado.

De acordo com Smedes et al. (1971), na área do

Yellowstone National Park, a utilização de funções de pré-processamento dos dados, resulta em maior precisão dos resultados. Carvalho (1978) afirma que, as técnicas de pré-processamento permitem modificar e otimizar os dados multiespectrais, com relação aos parâmetros de resolução espectral e espacial.

Schrumpf (1973) fazendo uso do pré-processamento, razão entre os canais do MSS, alcançou melhores resultados na separação de diferentes tipos de cobertura vegetal (pastagem natural, savanas, chaparral, bosque e floresta), levando em consideração os aspectos do terreno.

Watson e Rowan (1971) e Smedes et al. (1971) ressaltam que o levantamento das informações, através dos dados do MSS, pode ser feito pelo emprego de classificação supervisionada das áreas de treinamento. Estas, foram definidas por Hajic e Simonett (1976), como sendo pequenas amostras identificáveis na imagem e usada para gerar confiabilidade estatística, na regra de decisão utilizada na classificação.

Estudando o efeito do tamanho da área de treinamento, na classificação dos dados multiespectrais, Murine (1975) menciona que, teoricamente, admitindo uma grande distribuição normal na Natureza e infalibilidade no equipamento, a curva é exponencial a uma classificação correta, quando o tamanho da amostra tende ao infinito. Para um caso ideal, continua o autor, a classificação perfeita é obtida com qualquer série de treinamento não nula, enquanto na prática, a curva pode ser esperada entre os dois casos.

Cibula (1975), em estudos sobre a vegetação, estabeleceu que as áreas de treinamento devem ser pequenas,

para cobrir os indivíduos mais isolados, e permitir que os resultados sejam suficientes para reproduzir a confiança estatística adequada. Dodge Jr. e Bryant (1976), utilizaram áreas de treinamento com dimensões de cerca de 12 "pixels", para obtenção das assinaturas, sendo observados os parâmetros dos vários tipos de cobertura para as quatro faixas do MSS.

Quanto ao método de decisão, Crane (1971) considera que a técnica de máxima verossimilhança (MAXVER), apresenta maior sucesso nos resultados, com baixo índice de erro no reconhecimento dos alvos. Carvalho (1978) relata que esse método parte da suposição de que uma determinada classe depende de sua frequência de ocorrência.

Outra técnica utilizada na classificação é a não supervisionada, que de acordo com a NASA (1975) e Fontanel et al. (1975), evita a necessidade de selecionar, previamente, as áreas de treinamento.

Borden et al. (1974) utilizaram, satisfatoriamente, técnicas de análise supervisionada e não supervisionada, separadamente e em conjunto, para obtenção de assinaturas espectrais de diferentes tipos de cobertura vegetal.

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento deste estudo, foram empregados materiais e métodos, relacionados e descritos nos itens que seguem.

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

Escolheu-se a área do Distrito Federal (DF), devido ao grande volume de informações referentes à região, a facilidade de acesso, sua importância geo-econômica, e principalmente pela sua localização central, no domínio dos Cerrados.

3.1.1 - LOCALIZAÇÃO E EXTENSÃO

O Distrito Federal localiza-se no Planalto Central, numa altitude que varia de 950 a 1.300 m, ocupando uma área de 5.748,14 km², ou seja, 574.814 ha, e se situa entre as coordenadas 47º00' a 48º30' de longitude oeste e 15º00' a 16º30' de latitude sul.

3.1.2 - REDE VIÁRIA

As principais vias de acesso externas do DF, segundo o trabalho da CODEPLAN (1976), são em número de cinco e fazem a ligação interestadual. Essas rodovias federais que ligam a capital (DF) a outras localidades são: BR/010 - Fortaleza; BR/040/050 - Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro; BR/060 - São Paulo e Goiânia; BR/070 - Cuiabá e BR/251 - Unaí (MG).

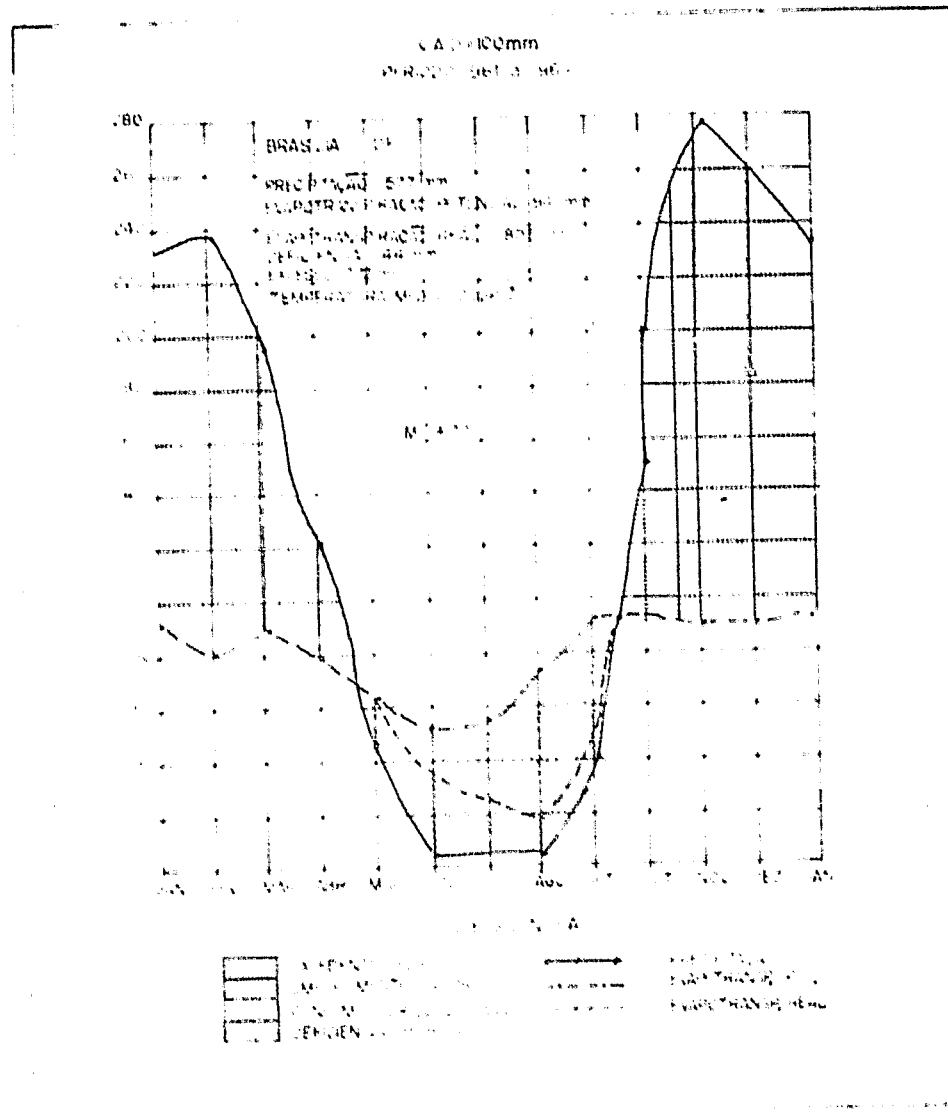
3.1.3 - HIDROGRAFIA

No DF ocorrem vários ramos fluviais, das três mais importantes bacias brasileiras: Bacia Paranã - Uruguai, Amazônica e São Francisco. Os rios São Bartolomeu e Descoberto pertencem à Bacia Paranã-Uruguai; o rio Preto, à Bacia do São Francisco e o rio Maranhão, à Bacia Amazônica.

3.1.4 - CLIMA

De acordo com a classificação de Koeppen, o tipo climático do DF é Aw, caracterizando-se por verões chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual situa-se acima de 18 °C, o que leva a classificar o clima como quente. A precipitação média anual é de 1.576,8 mm, e a evapotranspiração potencial apresenta um valor da ordem de 949 mm. A umidade relativa tem seu valor médio anual de 70 %; a máxima, em fevereiro, é de 82,8 %, e a mínima, no mês de setembro, é de 20,0 %.

A figura III.1 mostra o balanço hídrico do DF, segundo o Método de Thornthwaite e Mather, de 1955. A estação chuvosa começa, em geral, em fins de setembro e se estende até abril. Durante esta estação, verificam-se, normalmente, curtos períodos de seca, denominados veranicos, cuja duração média pode variar de uma a três semanas. A estação seca coincide com os meses mais frios do ano (CODEPLAN, 1976).



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS

Fig. III.1 - Balanço hídrico do DF
Fonte: CODEPLAN (1976)

Pela carta bioclimática do Brasil, realizada por Galvão (1967), baseada na classificação de Gaussen, essa área corresponde à Região Xeroquimênica (seca de inverno), compreendendo a sub-região Termoxeroquimênica, na Modalidade

Caráter Atenuado, com um índice xerotérmico* entre 40 e 100, com três a quatro meses secos.

3.1.5 - GEOLOGIA

A área do DF abrange as seguintes unidades geológicas, conforme a Figura III.2: a) Pré-cambriano P, representado pelo Grupo Araxã e pela formação Canastra; b) Pré-cambriano A, representado pelo Grupo Bambuí, com as formações Paranoá e Paraopeba; c) Terciário, representado por uma cobertura detrito-laterítica; e d) Quaternário, representado por aluviões.

De acordo com a CODEPLAN (1976), o DF está assentado, sismologicamente, sobre rochas estáveis, como acontece com grande parte do território nacional.

(*) Índice xerotérmico = subtração dos dias de orvalho e nevoeiro computados como meios-dias secos do total de dias sem chuvas, já corrigidos da influência da umidade atmosférica.

e São Bartolomeu. A terceira superfície, com cota de 1.000 metros ou inferior, já secciona micaxistos e filitos pré-cambrianos e ardósias Bambuí, fornecendo as formas de relevo acidentado nas Bacias dos rios Maranhão, Descoberto e São Bartolomeu, e, um relevo mais suavizado, na Bacia do Alto rio Preto. O terreno mais acidentado é o da Bacia do rio Maranhão que corre sobre rochas do grupo Bambuí, constituído de ardósias, metassiltitos e calcário. No esboço geomorfológico (Figura III.3), observa-se a distribuição e localização das três superfícies de aplainamento.

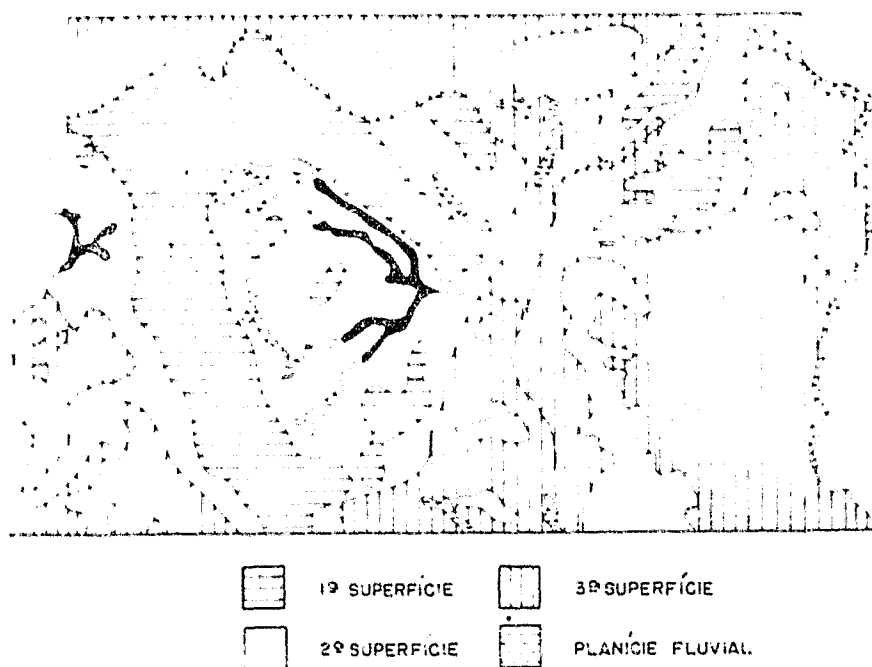


Fig. III.3 - Esboço geomorfológico do DF
Fonte: EMBRAPA (1978)

3.1.7 - SOLOS

De acordo com a EMBRAPA (1978), os solos predom_{in}antes na área do DF são: latossolo vermelho-escuro, cam_{is}bissolo álico e latossolo vermelho-amarelo.

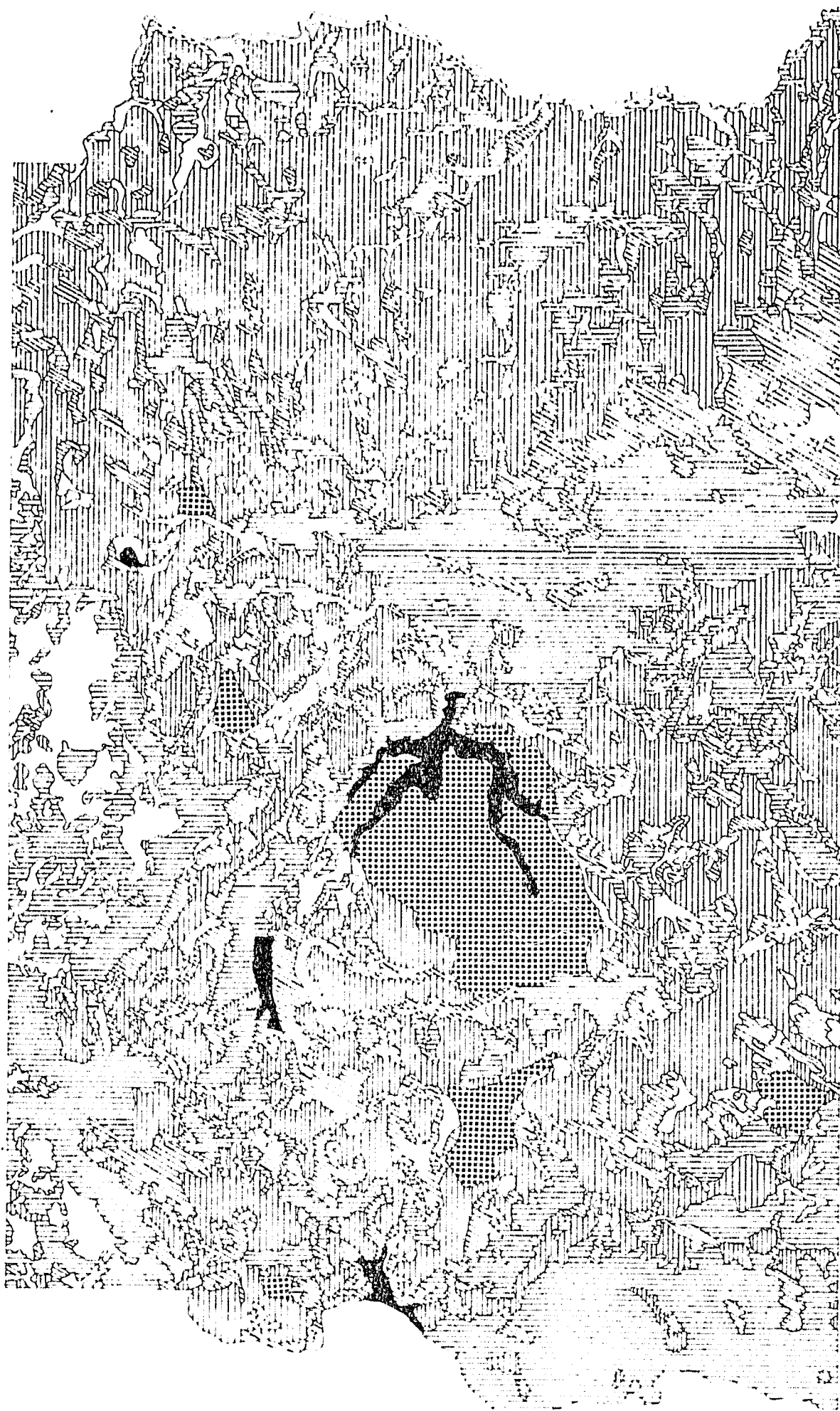
A Tabela III.1 apresenta as unidades de mapea_{me}nto, e a Figura III.4 mostra a distribuição dos principais solos.

TABELA III.1

EXTENSÃO E DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO

Fonte: EMBRAPA (1978)

UNIDADES DE MAPEAMENTO	ÁREA	
	(km ²)	(%)
Latossolo vermelho-escuro (LE)	2.246	38,63
Latossolo vermelho-amarelo (LV)	921	15,84
Podzólico vermelho-amarelo (PV)	48	0,82
Podzólico vermelho-amarelo equivalente - eutrófico (PE)	120	2,06
Terra roxa estruturada similar (TRe)	70	1,21
Brunizem avermelhado (BV)	5	0,09
Cambissolo (Cd)	1.804	31,02
Solos aluviais (Ade)	11	0,19
Solos hidromórficos (Hi)	200	3,45
Associação de materita hidromórfica (HLd)	23	0,40
Associação de podzol hidromórfico (HPd)	7	0,12
Areias quartzosas (AQd)	31	0,53
Águas internas	59	1,01
Zona urbana	269	4,63
Total	5.814	100,00



ESCALA
0 5000 10000 m

CIDADES
CUTROS TIPOS DE SOLOS

LAGOS

LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO

Fig.III.4 - Distribuição dos grupos de solos predominantes no DF. (Fonte: EMBRAPA, 1978)

3.2 - PRODUTOS DO LANDSAT

Para a interpretação visual e automática das imagens produzidas pelo MSS do LANDSAT, foram utilizados os seguintes produtos: a) imagens em papel preto e branco, na escala 1:250.000, dos canais 5 e 7, para a identificação e a delimitação das áreas contendo as diferentes formas de Cerrado; b) imagens em papel preto e branco, na escala 1:500.000, dos canais 4, 5 6 e 7, nos trabalhos de verificação de campo, devido ao seu fácil manuseio, e na obtenção dos valores de cinza (tonalidade), para a avaliação dos resultados obtidos na análise visual, e c) fitas compatíveis com computador (CCT), para os estudos de interpretação automática.

Como a vegetação do Cerrado, tem um comportamento distinto para cada época do ano, foram escolhidas imagens relativas a três estações diferentes: a) meio da época chuvosa (08.02.77); b) início da época seca (11.05.75 e 18.06.78) e c) final da época seca (27.08.75 e 07.08.77). Foram utilizados os produtos gerados em 11.05.75, 27.08.75 e 08.02.77, face à necessidade de se levar aos trabalhos de campo, os esboços preliminares obtidos das interpretações visuais, de modo a confirmar a caracterização das diferentes formas de Cerrado. As demais passagens foram utilizadas para evidenciar as possíveis correlações entre a resposta espectral na imagem e os dados de campo. De acordo com Draeger et al. (1971), é interessante que se tenha a imagem da mesma época de execução do trabalho de campo, pois isso permite a comparação do comportamento da cobertura vegetal.

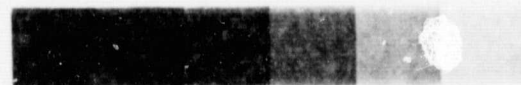
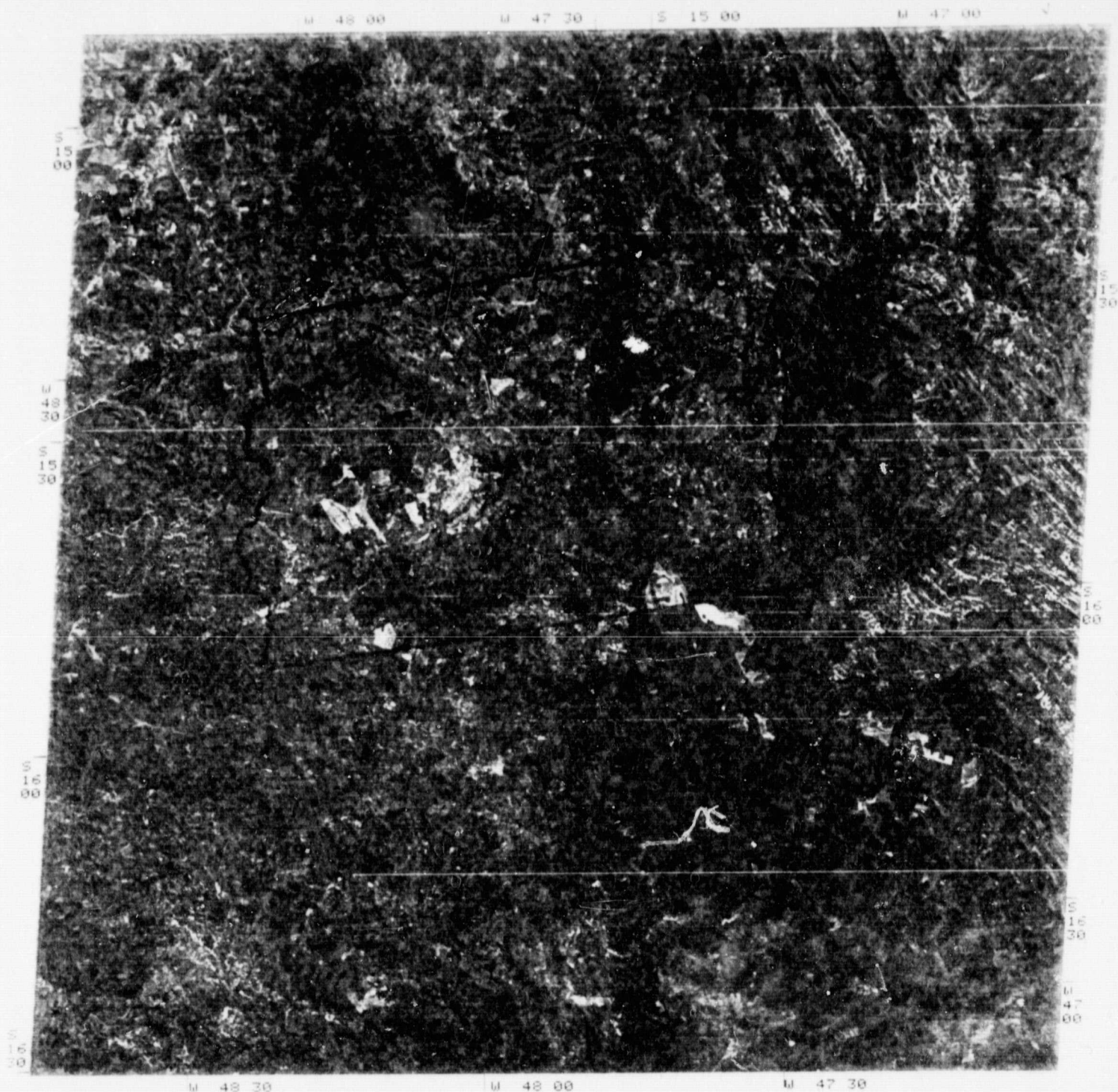
Nas Figuras III.5 a III.8, são apresentadas as imagens multispectrais dos quatro canais, utilizadas neste trabalho.

3.2 - PRODUTOS DO LANDSAT

Para a interpretação visual e automática das imagens produzidas pelo MSS do LANDSAT, foram utilizados os seguintes produtos: a) imagens em papel preto e branco, na escala 1:250.000, dos canais 5 e 7, para a identificação e a delimitação das áreas contendo as diferentes formas de Cerrado; b) imagens em papel preto e branco, na escala 1:500.000, dos canais 4, 5, 6 e 7, nos trabalhos de verificação de campo, devido ao seu fácil manuseio, e na obtenção dos valores de cinza (tonalidade), para a avaliação dos resultados obtidos na análise visual, e c) fitas compatíveis com computador (CCT), para os estudos de interpretação automática.

Como a vegetação do Cerrado, tem um comportamento distinto para cada época do ano, foram escolhidas imagens relativas a três estações diferentes: a) meio da época chuvosa (08.02.77); b) início da época seca (11.05.75 e 18.06.78) e c) final da época seca (27.08.75 e 07.08.77). Foram utilizados os produtos gerados em 11.05.75, 27.08.75 e 08.02.77, face à necessidade de se levar aos trabalhos de campo, os esboços preliminares obtidos das interpretações visuais, de modo a confirmar a caracterização das diferentes formas de Cerrado. As demais passagens foram utilizadas para evidenciar as possíveis correlações entre a resposta espectral na imagem e os dados de campo. De acordo com Draeger et al. (1971), é interessante que se tenha a imagem da mesma época de execução do trabalho de campo, pois isso permite a comparação do comportamento da cobertura vegetal.

Nas Figuras III.5 a III.8, são apresentadas as imagens multiespectrais dos quatro canais, utilizadas neste trabalho.

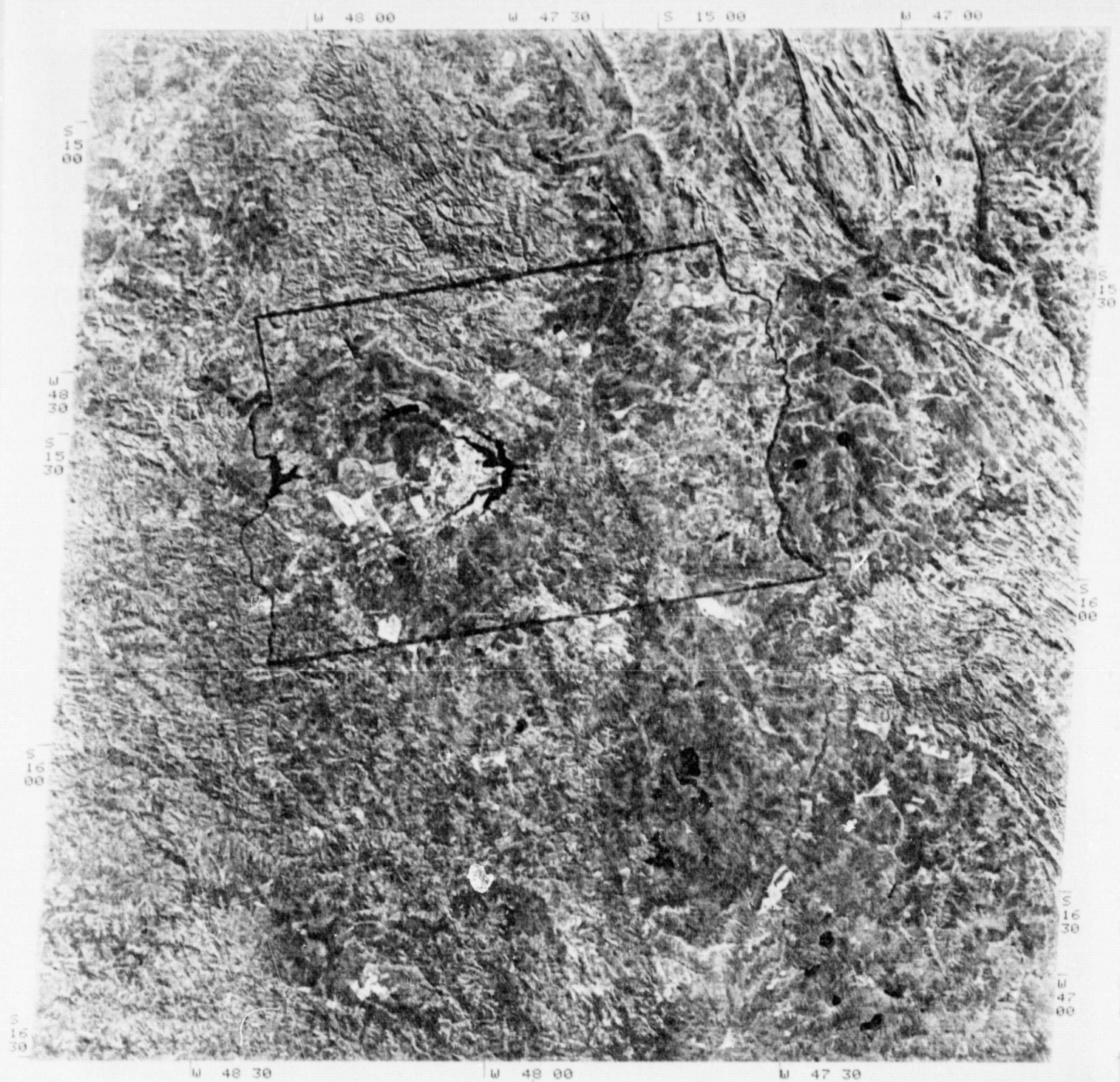


18JUN78 WRS: 237-71 C: S15-48/W047-42 MSS 4 SOL: EL34 A2045 B 190 LC N CNPO/INPE/LANDSAT 378169-123129
 REF 5=3 SRB: 192-23 N: S15-50/W047-38 3-01461 R01 =BRASIL= 14SET78 CENR 01

Fig. III.5 - Imagem multiespectral do canal 4 do MSS

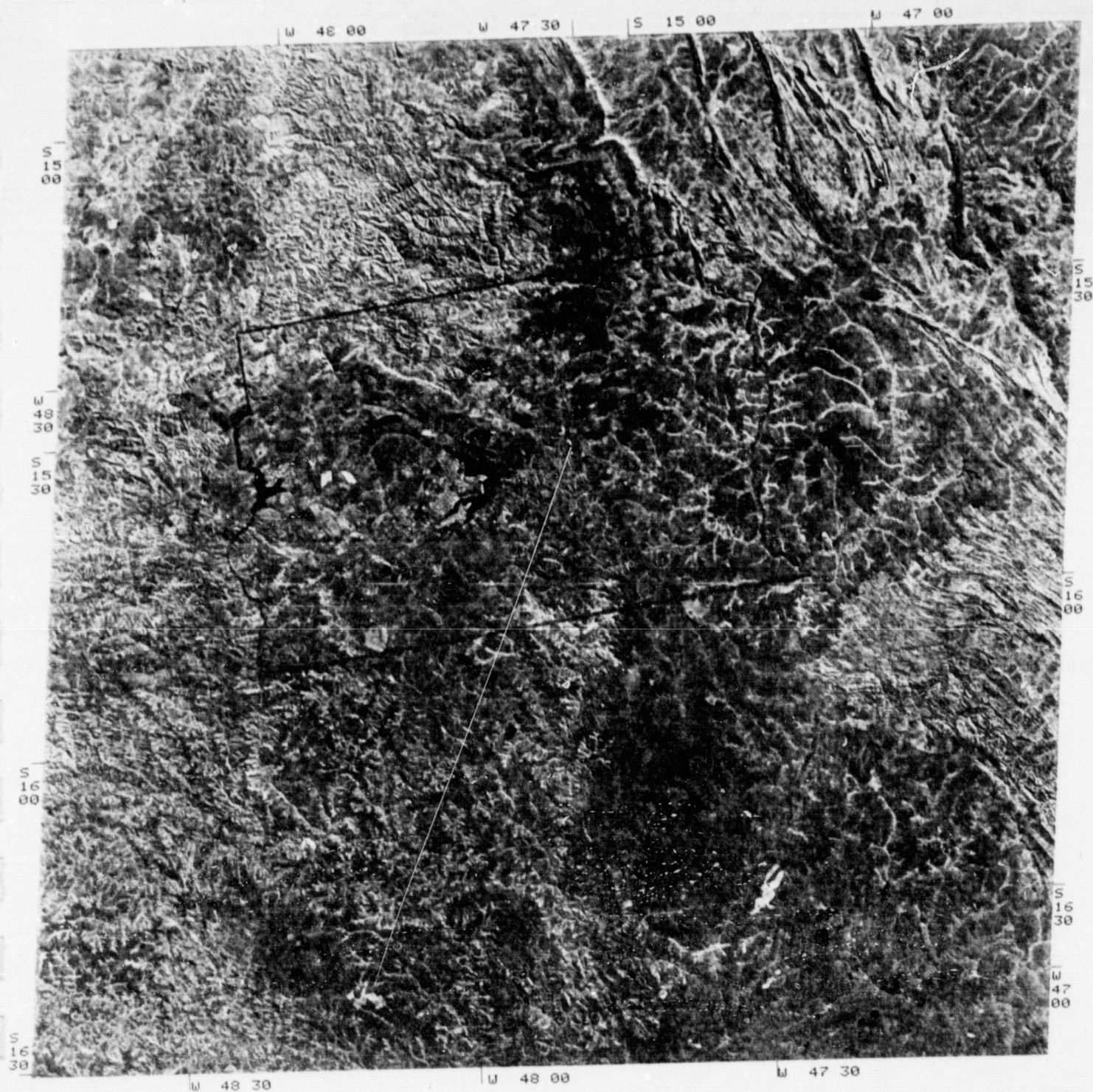


ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



18JUN78 WRS: 237/71 C: S15-48/W047-42 MSS 6 SOL: EL34 A2045 B 190 LC N CNPD/INPE/LANDSAT 378169-123129-E
PEF G=3 SRB: 192/23 N: S15-50/W047-38 3-01461 R01 =BRASIL= 14SET78 CENA 009

Fig. III.7 - Imagem multiespectral do canal 6 do MSS



18JUN78 WRS: 237/71 C: S15-48/W047-42 MSS 7 SOL: EL34 AZ045 B 190 LL N CNPO/INPE/LANDSAT 378169-123129-
 PEF G=3 SRB: 192/23 N: S15-50/W047-38 3-01461 R01 =BRASIL= 14SET78 CENA 00

Fig. III.8 - Imagem multiespectral do canal 7 do MSS

3.3 - SISTEMA DE ANÁLISE DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS

A interpretação automática dos dados contidos nas fitas CCT, foi efetuada pelo analisador interativo IMAGE-100, que segundo Schaller e Towles (1975) é um dos processos utilizados na extração de informações existentes, dos dados sensoriados, operando no princípio geral de que os alvos possuem características espectrais próprias.

Este sistema extrai informações temáticas de imagens multiespectrais e proporciona o melhoramento da imagem analisada, por meio de programas próprios.

A Figura III.9 mostra o processo de extração de informação.

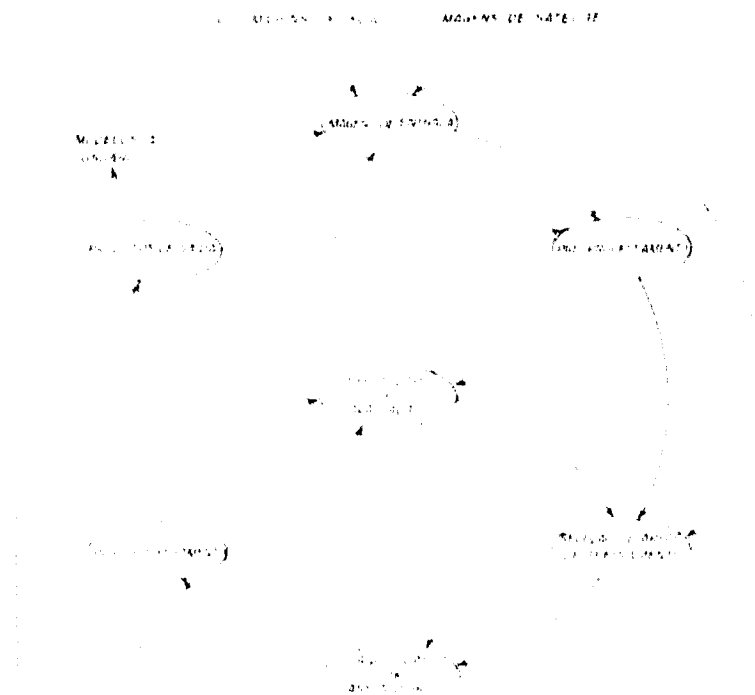


Fig. III. 9 - Processo de extração de informação.

A imagem do satélite (em fitas digitalizadas) é carregada e sofre operações de formatação e correção. A seguir, pode-se proceder diretamente a seleção de áreas de treinamento ou aplicar os programas de pré-processamento na imagem. Uma vez determinada a área de treinamento, obtém-se a assinatura espectral do alvo pelos processos de "células únicas" e "multicelulares". O resultado da classificação não sendo satisfatório, pode-se melhorá-lo através de programas de pós-processamento.

Dentre as funções de pré-processamento, aplicadas antes da aquisição da assinatura espectral e que podem melhorar a qualidade dos dados, pode-se citar: rotação espectral, relacionamento, correções radiométricas, etc ... Nas funções de pós-processamento, utilizadas nas assinaturas espectrais como recursos opcional para melhorar o resultado, destacam-se o "thresholding", agrupamento, técnicas paramétricas e probabilidade máxima.

A descrição do analisador interativo (IMAGE-100), bem como suas funções, encontram-se melhor caracterizadas no Manual de Utilização da General Electric Company (1975) e no trabalho de Velasco et al. (1978). Com respeito à aplicação do sistema IMAGE-100, no tratamento dos dados digitalizados contidos nas fitas CCT, podem ser referenciados os trabalhos de: Niero e Lombardo (1978), Santos et al. (1979) e Sausen e Carvalho (1979).

3.4 - MATERIAL DE CAMPO

Os trabalhos de campo exigiram a utilização dos seguintes materiais: fichas de campo, fita métrica, máquina fotográfica, trado, trena, vara graduada de 2 m e fotos aéreas na escala 1:40.000.

3.5 - MATERIAL CARTOGRÁFICO

Foram utilizados:

a) Folha topográfica da região de Brasília, na escala 1:100.000, editada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE), em 1969;

b) Mapa de Solos na escala 1:100.000, elaborado pela equipe do Serviço nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS/EMBRAPA), em 1978.

3.6 - MATERIAL COMPLEMENTAR

Foram utilizados materiais normais a esse tipo de trabalho, além do pantógrafo, papel poliéster estável transparente, lupa de mesa e estereoscópio de espelho.

3.7 - MÉTODOS

A metodologia empregada no estudo da vegetação dos Cerrados, tanto na verificação de campo, análise visual e automática dos dados multiespectrais, é descrita a seguir.

3.7.1 - RECONHECIMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

No período correspondente ao final da estação seca, efetuaram-se observações das características da vegetação, do relevo e dos solos. As informações obtidas forneceram subsídios para o conhecimento prévio da caracterização da área. Os dados coletados, possibilitaram que os resultados preliminares, obtidos da interpretação visual das imagens multiespectrais, fossem devidamente avaliados e aferidos, propiciando o embasamento indispensável ao desenvolvimento dos trabalhos subsequentes, de interpretação visual e automática.

3.7.2 - AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESPACIAL DA VEGETAÇÃO

O comportamento espacial está relacionado com a distribuição da vegetação dos Cerrados, em função dos aspectos do terreno, ou seja, solo e relevo.

Com base nos resultados da interpretação visual, fez-se o estudo da correlação existente entre relevo-drenagem, solo-relevo e vegetação-solo. Para tanto, foi feita a superposição dos esboços de uso da terra, de relevo e de rede de drenagem, além do mapa de solos, reduzido para a escala 1:250.000.

Para a interpretação automática fez-se a ANÁLISE DE VARIÂNCIA dos dados de tonalidade das classes de interesse, nos quatro canais do MSS, em todas as datas de passagem. Ocorrendo diferença significativa entre esses dados, aplicou-se o teste de Duncan (Steel e Torrie, 1960). Este teste faz a comparação das médias das classes e a verificação do possível agrupamento entre elas, através da fórmula descrita a seguir:

$$LSR = SSR \cdot S\bar{x}$$

em que:

LSR = menor intervalo significativo

SSR = intervalo significativo segundo a distribuição de Student

$S\bar{x}$ = desvio padrão da média

O valor de $S\bar{x}$ é calculado a partir de:

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{s^2}{N}}$$

em que:

s^2 = quadrado médio do erro

N = número de repetições

Através do valor tabelado do SSR, para o nível de significância de 0,05 %, calculou-se o valor de LSR, em função dos graus de liberdade do erro e do número de médias envolvidas na comparação (p).

As médias das classes, em cada canal do MSS, foram colocadas em ordem crescente de valor. Quando a diferença entre certa média e a adjacente não excede o valor de LSR calculado, as classes são consideradas homogêneas.

3.7.3 - LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO

No período correspondente ao meio da estação chuvosa, coletaram-se dados da vegetação dos Cerrados, visando ao estudo da sua composição, estrutura e fitossociologia.

Tendo como base os resultados obtidos da análise do comportamento espacial, foram locadas, na imagem, 54 amostras representativas da combinação vegetação-solo, distribuídas por toda a área do DF, como pode ser observado na Figura III.10. Essas combinações são apresentadas a seguir:

- Cerrado em Latossolo Vermelho-Escuro (CELE)
- Cerrado em Latossolo Vermelho-Amarelo (CELV)
- Cerrado em Cambissolo Distrófico (CECD)
- Campo Cerrado em Latossolo Vermelho-Escuro (CCLE)
- Campo Cerrado em Latossolo Vermelho-Amarelo (CCLV)
- Campo Cerrado em Cambissolo Distrófico (CCCD)
- Campo Sujo em Latossolo Vermelho-Escuro (CSLE)
- Campo Sujo em Latossolo Vermelho-Amarelo (CSLV)
- Campo Sujo em Cambissolo Distrófico (CSCD)

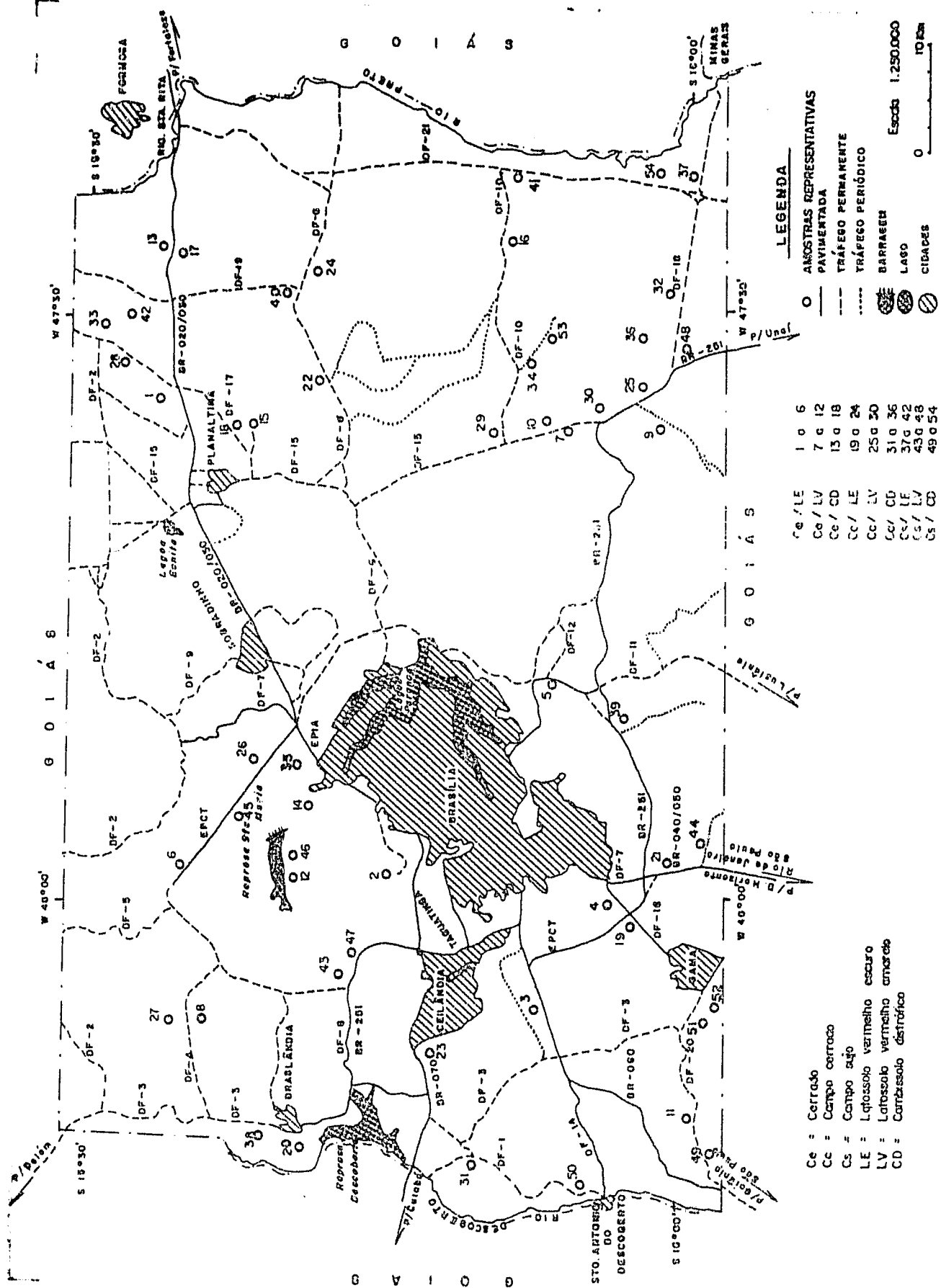


Fig. III.10 - Localização das amostras representativas

A escolha, dessas amostras foi feita considerando-se a representatividade de cada forma de Cerrado e a dos grandes grupos de solos predominantes, justapondo-se o esboço de uso da terra ao mapa de solos.

Essas amostras representativas foram localizadas no campo, sendo que 18 (duas para cada combinação vegetação-solo), foram escolhidas aleatoriamente, para um estudo mais pormenorizado, as quais estão indicadas na Figura III.11. Dessa forma, nesses locais, demarcaram-se no terreno, também aleatoriamente, parcelas de 10 m x 100 m e dentro desses limites, obtiveram-se dados de natureza quantitativa das espēcies arbóreas, cujas amostras eram coletadas para posterior identificação. Nesse estudo, somente as espécies arbóreas (adotando-se como definição de árvore, qualquer vegetal lenhoso cujo caule, tivesse no mínimo 10 cm de circunferência, a 30 cm do solo) foram consideradas.

Para a análise quantitativa, foram tomadas as seguintes características, utilizadas anteriormente por Goodland (1969): altura, diâmetro, quantidade e número de espécies arbóreas; recobrimento herbáceo do solo, área basal total e dossel arbóreo.

Para a análise fitossociológica, utilizou-se o Índice de Valor de Importância (IVI), introduzido por Curtis e McIntosh (*apud* Cain e Castro, 1959), cuja fórmula é a seguinte:

$$IVI = F_r + N_r + D_r$$

em que:

F_r = frequência relativa, em porcentagem

N_r = densidade relativa, em porcentagem

D_r = dominância relativa, em porcentagem



Fig. III.11 - Amostras de coleta de dados de natureza quantitativa

O IVI revela a importância das espécies constituintes de uma determinada amostra, ou seja, de cada unidade fisionômica dos Cerrados. Segundo os mesmos autores, devem ser consideradas apenas as espécies que apresentam IVI acima de 1,00.

3.8 - MÉTODO DE INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Apresentam-se a seguir, os métodos utilizados para a interpretação visual e análise automática dos dados do MSS dos satélites do LANDSAT.

3.8.1 - MÉTODO PARA A INTERPRETAÇÃO VISUAL

Os critérios utilizados para a interpretação visual das imagens, basearam-se nos padrões de textura e tonalidade. Estes dois padrões, pelo que se pôde constatar na revisão bibliográfica, são suficientes no estudo de tipos de cobertura vegetal, conforme os resultados obtidos por Grehs (1974), Nosseir et al. (1975), Valério Filho et al. (1976) e Santos e Novo (1977).

A delimitação, nas imagens, das áreas cobertas pelas diferentes formas de Cerrado, foi feita a partir da homogeneidade da resposta espectral, em termos de textura e tonalidade, conforme recomenda Simonett (1974).

Os padrões de textura, heterogêneos ou homogêneos, foram considerados em função da variação de tons de cinza. Os valores de tonalidade foram obtidos tendo como base uma escala padrão de nível de cinza, para a qual foram atribuídos valores de zero (nível mais escuro) a 15 (nível mais claro).

Baseados nesses dois padrões, determinaram-se

os parâmetros espectrais que cada forma de Cerrado apresenta na imagem.

3.8.2 - MÉTODO PARA A ANÁLISE AUTOMÁTICA

A análise automática dos dados contidos nas fitas CCT, foi efetuada no sistema I-100, adotando-se as seguintes fases:

- a) pré-processamento dos dados;
- b) seleção de áreas de treinamento e análise da assinatura espectral; e
- c) classificação automática e avaliação dos resultados.

No pré-processamento, utilizou-se o programa RUÍDO, com a finalidade de eliminar falhas oriundas da gravação das fitas CCT, realçando os aspectos da cena no vídeo. Após a correção radiométrica de toda a cena, ampliou-se a área contendo o Distrito Federal, para a escala 1:400.000.

Através do programa TRAÇO, delimitou-se a área de estudo, que foi dividida em 12 módulos. Estes foram ampliados, isoladamente, para a escala 1:100.000. Nessa escala, os dados originais contidos nas fitas CCT, não são modificados por acréscimo ou perda, fornecendo a máxima informação radiométrica.

A partir dessa fase, foram demarcadas no vídeo, considerando-se cada módulo isoladamente, as possíveis áreas de treinamento, com dimensões de 100 "pixels" cada, as quais foram ampliadas por sua vez, para a escala 1:50.000. Foram então, determinados dentre os 100 "pixels", os mais representativos de cada classe, eliminando-se os que apresentavam tons de cinza diferentes, definindo-se finalmente as áreas

de treinamento.

A maior ou menor representatividade, em termos de tonalidade, dependeu dos conhecimentos do fotointérprete, quanto ao comportamento das formas de Cerrado, nas imagens orbitais. Esse procedimento é baseado em Maxwell (1975b) que, em estudos da vegetação natural, recomenda a utilização de um método próprio na seleção das áreas de treinamento, para que as mesmas sejam as mais representativas possíveis da classe, visto que ela apresenta uma considerável graduação de níveis de cinza nas imagens orbitais.

As áreas de treinamento não tiveram uma dimensão constante e seus valores foram estabelecidos em função da extensão de cada forma de Cerrado, identificada na imagem e localizada no trabalho de campo. Evitou-se englobar parte de outros alvos, face aos estudos de Murine (1975), que com provaram que as diferenças nos tamanhos das amostras, desde que sejam absolutamente representativas da classe em estudo, geralmente não afetam a significância do resultado.

A obtenção da assinatura espectral de cada área de treinamento, utilizando-se o programa "SINGLE CELL", permitiu a análise preliminar dos parâmetros espectrais, através dos histogramas unidimensionais dos quatro canais do MSS. Quando a assinatura apresentava valores de cinza distantes da média, ou seja, de baixa frequência de ocorrência, o refinamento era feito modificando-se os limites inferior ou superior do histograma em cada canal. O vídeo era acionado para o dimensionamento da nova posição da área de treinamento, com eliminação dos "pixels", cujos valores de cinza eram muito distantes da média.

O método de classificação "maximum likelihood",

ou seja, de máxima verossimilhança (MAXVER), descrito por Velasco et al. (1978), foi o utilizado para obtenção dos parâmetros espectrais de cada forma de Cerrado, representados pelos valores médios de níveis de cinza e da matriz de covariância da classe. Esse método é tanto melhor quanto mais separados forem as classes, ou seja, quando houver pouca ou nenhuma superposição entre os parâmetros que definem a assinatura das classes. Sua vantagem é fornecer a matriz de classificação, que possibilita avaliar o grau de superposição entre as classes. Além disso, ele fornece, também, a porcentagem dos pontos classificados ou não, nas classes de interesse.

Utilizou-se o programa ANÁLISE DAS AMOSTRAS, para estudar a separabilidade das classes superpostas através da subtração e aquisição de novas amostras, até que a matriz de classificação oferecesse valores satisfatórios.

3.8.3 - PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos padrões de textura e tonalidade, baseada nas 18 áreas de treinamento (Figura III.11), permitiu o estudo da vegetação dos Cerrados, quanto ao comportamento espectral, temporal e a seleção de épocas e canais mais recomendados para a separação das diferentes formas.

a) Comportamento espectral

Está relacionado às informações registradas diferencialmente nas quatro faixas do espectro eletromagnético, coletados pelo LANDSAT, possibilitando a identificação da vegetação através da comparação entre os quatro canais.

Na interpretação visual e automática, utilizou-se a média aritmética dos valores de tonalidade para cada

forma de Cerrado, independente do tipo de solo. Isso foi feito para cada canal e nas respectivas passagens analisadas.

Essas médias foram lançadas em gráfico de modo a permitir uma comparação da resposta espectral entre as formas de Cerrado em cada canal do MSS. Além disso, foi possível observar o comportamento espectral dessas formas, em função das bandas do visível (500 a 700 nm) e do infravermelho próximo (700 a 1100 nm).

b) Comportamento temporal

Relaciona-se às variações sofridas pela vegetação nas diferentes épocas do ano, podendo ser verificado graças à repetitividade de imageamento feito pelo LANDSAT. Essas variações foram analisadas através de gráficos que expressam os valores tonais de cada forma de Cerrado, para cada canal do MSS, tanto para a interpretação visual como a automática.

As imagens analisadas nas quatro bandas espectrais, corresponderam a duas épocas distintas ao mesmo ano, ou seja, 1975 e posteriormente, em 1977.

c) Seleção de épocas e canais

Para esta análise, foram utilizados, na interpretação visual, os padrões texturais e tonais das formas de Cerrado, e na interpretação automática, apenas os tonais.

Na interpretação visual, levando-se em consideração o aspecto textural, a escolha da melhor época bem como dos melhores canais, para a discriminação das formas de Cerrado, baseou-se na simples visualização das suas respostas espectrais. Quanto ao padrão de tonalidade, na escolha dos melhores canais, foi feita a análise de variância e aplicado

o teste de Duncan; a indicação da melhor época, foi baseada na simples observação do comportamento espectral nos quatro canais e nas diferentes datas de passagem do satélite.

Na interpretação automática, utilizou-se a medida de distância JM (Jeffreys Matusita Distance), descrita por Swain e King (1973), com a finalidade de verificar a aplicabilidade deste teste, na seleção de melhor canal e combinação de canais, bem como a época mais adequada, para a separação das diferentes formas de Cerrado, levando-se ou não em consideração os diferentes tipos de solos. Desta forma, foram utilizadas as imagens das passagens de 08.02.77 e 07.08.77, correspondentes às épocas chuvosa e seca, respectivamente.

A medida de distância JM, é dada pela fórmula:

$$JM = 2 (1 - e^{-\alpha})$$

onde

$$\alpha = \frac{1}{8} (U_1 - U_2)^T \Sigma^{-1} (U_1 - U_2) + \frac{1}{2} \log_e \left[\frac{\det \Sigma}{\sqrt{\det \Sigma_1 \cdot \det \Sigma_2}} \right]$$

e, U_1 = matriz das médias da classe 1;

U_2 = matriz das médias da classe 2;

$()^T$ = matriz transposta;

$()^{-1}$ = matriz inversa;

$$\Sigma = \frac{1}{2} [\Sigma_1 + \Sigma_2];$$

Σ_1 = matriz de covariância da classe;

Σ_2 = matriz de covariância da classe 2;

$\det \Sigma_1$ = determinante da matriz de covariância da classe 1;

$\det \Sigma_2$ = determinante da matriz de covariância da classe 2;

A distância JM entre duas classes, obtida por intermédio desta fórmula, varia de 0,00 a 2,00 (quanto maior for o valor, maior será a separabilidade entre as classes). Estes valores por sua vez, foram correlacionados por Swain e King (1973), com valores de probabilidade de classificação correta, conforme apresentado na Figura III.12.

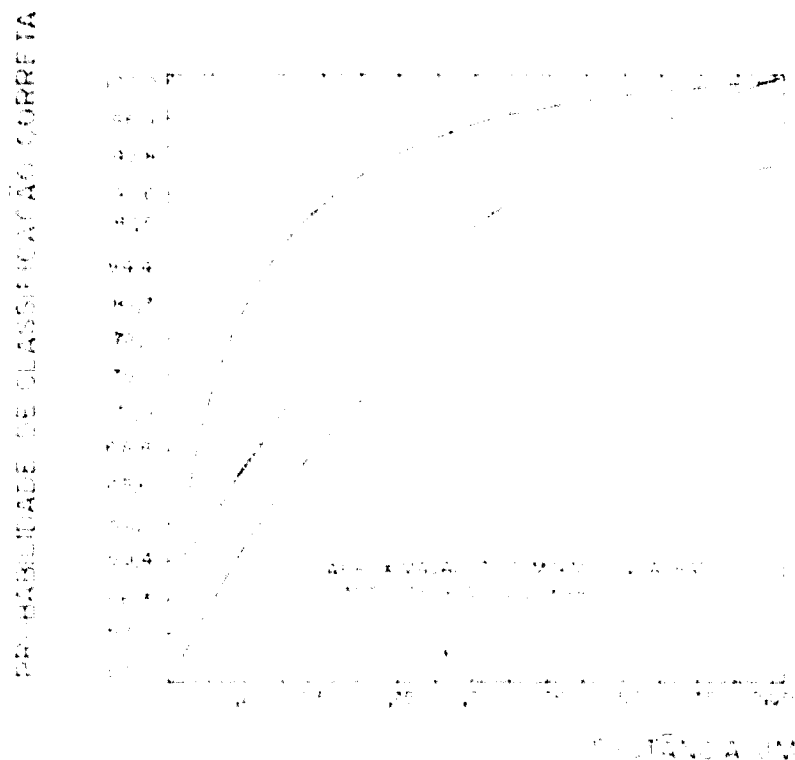


Fig. III.12 - Gráfico da probabilidade de classificação correta e distância JM
Fonte: SWAIN e KING (1973).

Com o objetivo de garantir uma alta precisão de classificação, foi assumido o valor de JM igual a 1,50, o que equivale a 95 % de probabilidade de classificação correta. Outros autores, entre eles, Hernandez Filho e

Shimabukuro (1978), consideraram que duas classes são separáveis, quando o valor JM entre elas era maior ou igual a 1,00, correspondendo a uma probabilidade de classificação correta maior que, ou igual a 85 %.

Os valores máximos de distância JM colocados em Tabelas, possibilitaram definir o canal ou a combinação de canais que melhor expressam a separabilidade entre as classes, para cada passagem analisada, ao nível de desempenho de 95 %. A partir dos dados dessas Tabelas, fez-se a determinação do número de comparações que podem indicar a separabilidade entre classes utilizando-se um ou mais canais, levando-se em consideração uma data, isoladamente, ou duas, simultaneamente.

Procurou-se verificar também o desempenho do sistema na separação das formas de Cerrado, independentemente do tipo de solo e na distinção de cada forma nos três tipos de solo. Este desempenho foi avaliado a partir das médias aritméticas dos valores de JM, colocadas no gráfico, já apresentado na Figura III.13. Isso foi feito para cada canal e combinação de canais, nas respectivas datas de passagem do LANDSAT.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos, os resultados obtidos da interpretação visual e automática, e da verificação de campo.

4.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

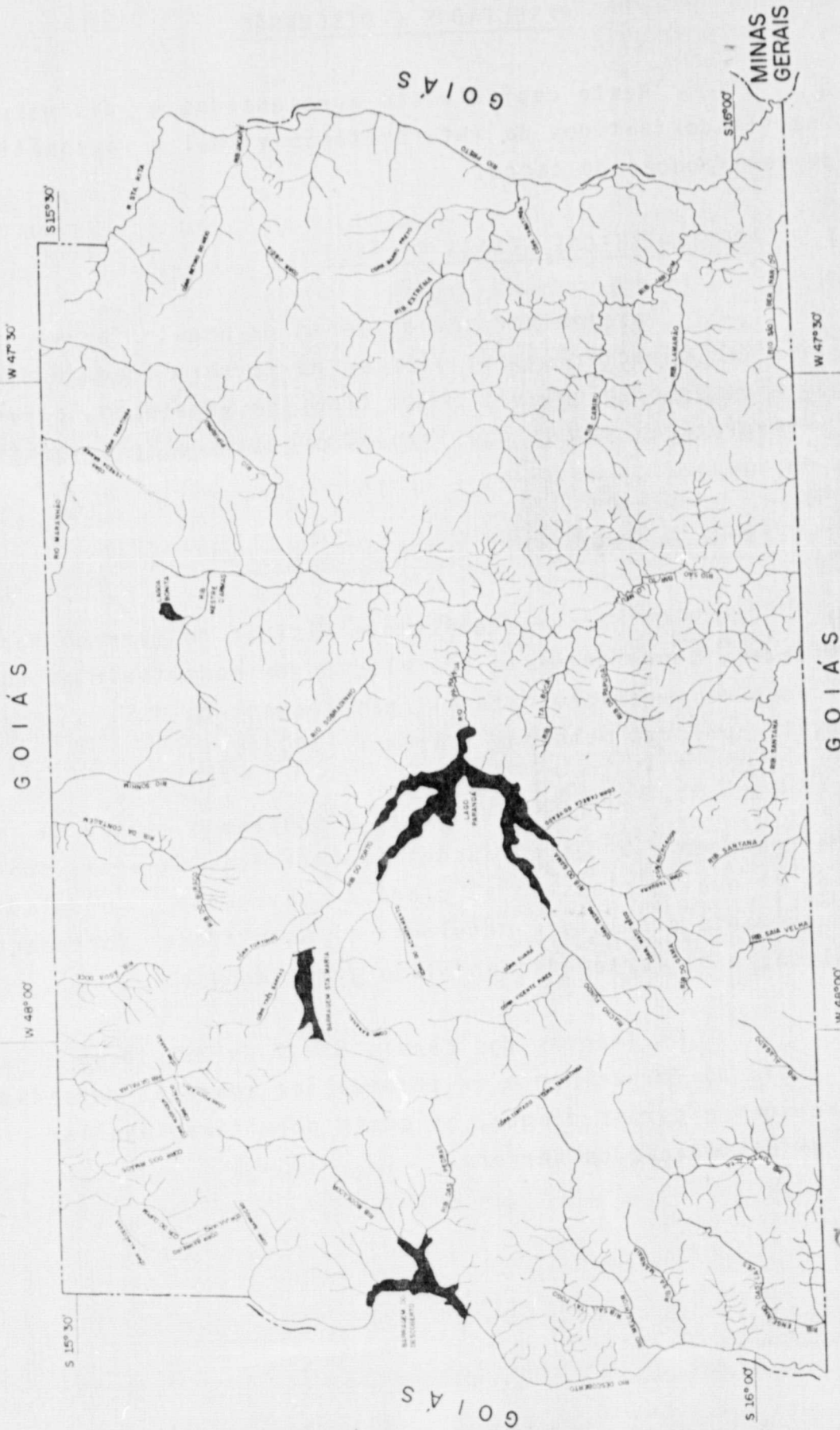
Para melhor conhecimento da área, fez-se uma análise das características físicas do terreno (rede de drenagem e classes de relevo) e dos tipos de vegetação, através da interpretação visual das imagens orbitais e da verificação de campo.

4.1.1 - REDE DE DRENAGEM E CLASSES DE RELEVO

Essas características físicas do terreno foram utilizadas, tendo em vista que elas podem contribuir na identificação da vegetação natural, nas imagens do MSS do LANDSAT, conforme menciona Schrumpf (1973).

As Figuras IV.1 e IV.2 mostram o esboço da rede de drenagem e o das variações topográficas da área, subdividida em quatro classes: a) plano a suavemente ondulado; b) suavemente ondulado a ondulado; c) ondulado a fortemente ondulado; e d) fortemente ondulado a montanhoso.

As imagens dos canais 5 e 7 do MSS foram as mais úteis no fornecimento de informações sobre a densidade de drenagem e corpos d'água, os quais permitiram avaliar o grau de dissecação do terreno.



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Fig.IV.1 - Esboço da rede de drenagem da área do DF.

ORIGINAL PAGE IS

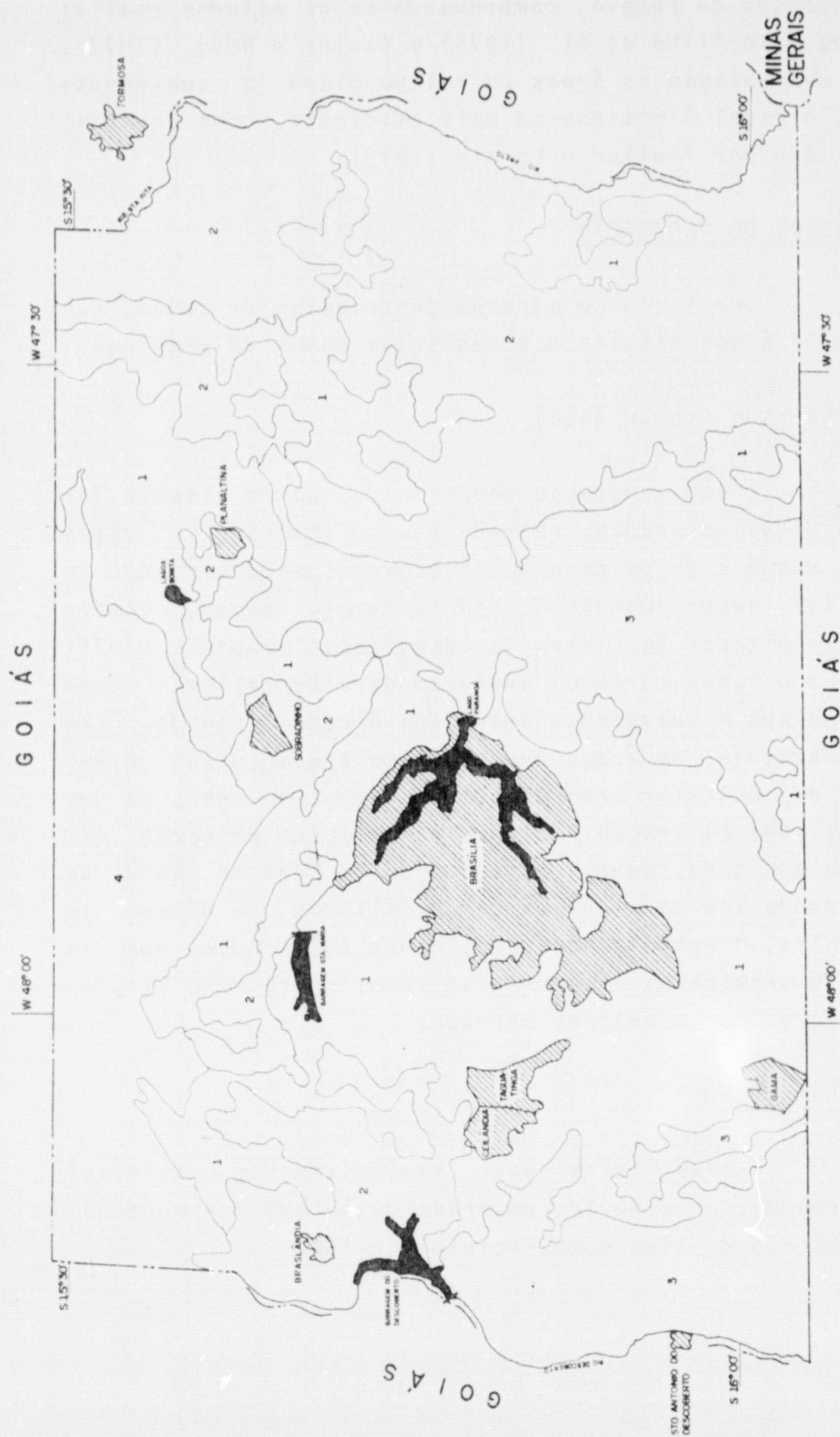


Fig. IV.2 - Classes de relevo da área do DF.

Dentre os quatro canais estudados, os canais 6 e 7 foram os mais propícios para a identificação e delimitação das classes de relevo, comprovando-se os estudos realizados por Valério Filho et al. (1976) e Santos e Novo (1977). Todavia, com relação às áreas de relevo plano a suavemente ondulado, o canal 5 mostrou-se mais eficiente, como havia sido ressaltado por Tueller e Lorain (1973).

4.1.2 - TIPOS DE VEGETAÇÃO

Verificou-se através de trabalho de campo, que a área do DF é constituída dos seguintes tipos de vegetação:

a) Cerrado (sensu lato)

É uma vegetação composta de quatro classes, formas ou unidades: cerradão, cerrado (sensu stricto), campo cerrado e campo sujo de cerrado. A ocorrência do cerradão é inexpressiva, quando comparada com as demais formas, confirmando os resultados do Centro de Pesquisas Florestais (1972); o cerrado e o campo cerrado, aparecem geralmente, em áreas de relevo plano e suavemente ondulado; o campo sujo de cerrado, é freqüente, em áreas de relevo mais acidentado. A massa foliar dos estratos arbóreo e arbustivo apresenta, na estação seca, uma coloração pálido-cinza e queda de parte das folhas. No seu todo, porém, a vegetação de Cerrado não é decídua, podendo ser considerada perenifólia ou, no mínimo, semiperenifólia. O estrato herbáceo, constituído quase que totalmente de gramíneas, apresenta-se seco, sendo mais alto e denso na forma campo sujo de cerrado;

b) Campo limpo

É constituído quase exclusivamente de gramíneas, ocorrendo, geralmente, em áreas de relevo movimentado, cujos solos são do tipo cambissolo distrófico;

c) Mata em galeria

Ocorre nas margens de alguns rios e bordejando lagos e lagoas. Em fundo de vales, pode ocorrer, quando lá se encontra um rio ou riacho. Mesmo em época seca, ela se a apresenta com a parte foliar totalmente verde, face à sua lo calização em solos de satisfatória umidade;

d) Buritizal ou vereda

É um tipo de vegetação no qual há predominância de buritis e cujos solos são hidromórficos. Normalmente, é encontrado nas cabeceiras de drenagem, acompanhando as ma tas em galeria.

e) Mata seca de calcário

É uma formação tropófila de caráter xerófilo, que ocorre nas áreas de relevo acidentado e cujo solo possui boa fertilidade. Na estação seca, suas copas ficam parcial mente desfolhadas e quase totalmente secas. Esta vegetação é freqüente, no vale do rio Maranhão.

4.2 - CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO DE CERRADO NO CAMPO

As características da vegetação de Cerrado são apresentadas de uma forma fitofisionômica e fitossociológica. Saliente-se que, a forma cerradão não foi incluída neste estudo, face à sua não representatividade em termos de área.

a) Análise fitofisionômica

Baseou-se nas características constantes na Ta bela IV.1, onde os valores mínimo, médio e máximo, determi naram a fisionomia de cada forma de Cerrado.

TABELA IV.1
CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO DE CERRADO DO DF

CARAC TERÍSTICA	FORMAS	CAMPO SUJO			CAMPO CERRADO			CERRADO		
		mín.	méd.	máx.	mín.	méd.	máx.	mín.	méd.	máx.
Alt. árvores (m)		0,5	1,0	2,5	0,7	1,5	3,5	0,8	2,5	6,0
Nº árvores		21	44	91	127	166	200	160	228	305
Nº espécies arb.		4	10	15	22	26	32	33	41	48
Recobr. herbáceo do solo (%)		50	65	87	50	64	83	50	60	80
Diâm. árv. (cm)		3,7	4,0	4,4	4,2	4,7	5,7	4,8	5,2	5,6
Área basal total (cm ² x 10 ⁻³)		0,5	1,0	3,0	6,0	8,0	12,0	10,0	15,0	22,0
Dossel arbóreo (%)		0	5	10	10	20	30	20	35	50

Verifica-se que todas as características analisadas, com exceção do recobrimento herbáceo do solo, aumentam do campo sujo para o cerrado, tanto fisionômica como em composição florística, confirmando os resultados de Goodland (1969). A área basal total, proporcional à área da copa de uma árvore, indica que a massa foliar da forma cerrado é bem maior que a do campo sujo; entre campo cerrado e cerrado, os valores máximos e mínimos de cada característica podem se aproximar, comprovando-se que as transições entre as duas formas são imperceptíveis.

b) Análise fitossociológica

As Tabelas IV.2, IV.3 e IV.4 mostram os resultados da análise fitossociológica das espécies, para cada forma de Cerrado, em termos de IVI.

TABELA IV.2
VALORES DE IVI DAS ÁRVORES DO CERRADO

CERRADO				
ESPÉCIES	F _r	N _r	N _r	IVI
1. <i>Kielmeyera coriacea</i>	2,46	11,38	8,56	22,40
2. <i>Qualea parviflora</i>	2,46	6,02	9,96	18,44
3. <i>Ouratea castaneifolia</i>	2,05	6,53	9,44	18,02
4. <i>Qualea grandiflora</i>	2,46	4,41	9,86	16,73

TABELA IV.2 - (Continuação)

CERRADO				
ESPECIE	F _r	N _r	D _r	IVI
5. <i>Caryocar brasiliense</i>	2,05	2,20	7,36	11,61
6. <i>Erythroxylum suberosum</i>	2,46	5,58	2,17	10,21
7. <i>Davilla elliptica</i>	2,05	5,07	2,27	9,39
8. <i>Byrsonima coccolobifolia</i>	2,46	4,11	2,56	9,13
9. <i>Maytenus</i> sp.1	1,23	2,79	2,90	6,92
10. <i>Styrax ferruginea</i>	2,46	1,98	1,99	6,43
11. <i>Vellozia flavicans</i>	1,23	3,74	1,45	6,42
12. <i>Schefflera vinosa</i>	2,46	1,84	1,85	6,15
13. <i>Tocoyena formosa</i>	2,05	1,40	2,61	6,06
14. <i>Palicourea rigida</i>	2,46	2,64	0,84	5,94
15. <i>Lafoensia pacari</i>	2,05	2,22	1,55	5,82
16. <i>Erythroxylum tortuosum</i>	2,46	2,20	1,14	5,80
17. <i>Pouteria ramiflora</i>	1,64	1,32	2,47	5,43
18. <i>Aspidosperma tomentosa</i>	2,05	1,91	1,08	5,04
19. <i>Byrsonima verbascifolia</i>	1,64	1,47	1,38	4,49
20. <i>Piptocarpha rotundifolia</i>	1,64	1,40	1,30	4,34
21. <i>Bowdichia virgilioides</i>	1,64	0,81	1,68	4,13
22. <i>Miconia albicans</i>	1,23	1,17	1,65	4,05
23. <i>Erythroxylum deciduum</i>	1,64	1,54	0,82	4,00
24. <i>Austroplenckia populnea</i>	2,46	1,03	0,49	3,98
25. <i>Eremanthus goyazensis</i>	2,05	1,32	0,45	3,82
26. <i>Stryphnodendron adstringens</i>	1,64	1,10	0,99	3,73
27. <i>Eriotheca pubescens</i>	1,64	1,03	1,00	3,67
28. <i>Syagrus</i> sp	1,23	1,32	0,94	3,49
29. <i>Butia leiostatha</i>	0,82	1,03	1,35	3,20
30. <i>Connarus fulvus</i>	1,64	1,03	0,46	3,13
31. <i>Hancornia speciosa</i>	0,82	1,17	0,96	2,95

TABELA IV.2 - (Continuação)

CERRADO				
ESPECIES	F _r	N _r	D _r	IVI
32. <i>Qualea multiflora</i>	1,23	0,88	0,69	2,80
33. <i>Kielmeyera suberosa</i>	0,82	1,47	0,47	2,76
34. <i>Byrsonima crassa</i>	1,64	0,53	0,49	2,66
35. <i>Pterodon pubescens</i>	1,23	0,50	0,91	2,64
36. <i>Dimorphandra mollis</i>	1,23	0,50	0,89	2,62
37. <i>Aspidosperma verbascifolium</i>	0,82	1,25	0,52	2,59
38. <i>Hymenaea stignocarpa</i>	1,64	0,37	0,57	2,58
39. <i>Myrtaceae</i> sp.1	0,82	0,15	1,55	2,52
40. <i>Annona pygmaea</i>	0,82	0,66	0,89	2,37
41. <i>Tabebuia ochracea</i>	1,64	0,51	0,18	2,33
42. <i>Terminalia sericea</i>	0,41	0,51	1,39	2,31
43. <i>Strychnos pseudoquina</i>	0,82	0,29	1,19	2,30
44. <i>Sclerolobium aureum</i>	1,23	0,37	0,67	2,27
45. <i>Machaerium opacum</i>	1,23	0,37	0,59	2,19
46. <i>Vochysia rufa</i>	1,23	0,51	0,45	2,19
47. <i>Andira paniculata</i>	1,23	0,53	0,27	2,03
48. <i>Byrsonima crassifolia</i>	0,82	0,73	0,43	1,98
49. <i>Pisonia tomentosa</i>	0,82	0,53	0,57	1,92
50. <i>Mimosa clausenii</i>	1,23	0,53	0,11	1,87
51. <i>Neea theifera</i>	0,82	0,66	0,34	1,82
52. <i>Symplocos rhamnifolia</i>	0,82	0,50	0,29	1,61
53. <i>Tabebuia caraiba</i>	0,82	0,22	0,33	1,37
54. <i>Cassia</i> sp.1	0,41	0,44	0,44	1,29
55. <i>Psidium cambessedianum</i>	0,82	0,22	0,16	1,20
56. <i>Tabebuia serratifolia</i>	0,82	0,15	0,22	1,19
57. <i>Roupala</i> sp.1	0,82	0,29	0,08	1,19
58. <i>Casearia sylvestris</i>	0,82	0,22	0,06	1,10
59. <i>Myrtaceae</i> sp.7	0,41	0,44	0,20	1,05
60. <i>Vochysia thyrsoidea</i>	0,41	0,07	0,56	1,04

TABELA IV.2 -(Continuação)

CERRADO				
ESPÉCIES	F _r	N _r	D _r	JVI
61. <i>Dalbergia violacea</i>	0,41	0,07	0,54	1,02
62. <i>Eremanthus glomeratus</i>	0,82	0,15	0,04	1,01
63. <i>Myrtaceae</i> sp.2	0,82	0,15	0,02	0,99
64. <i>Licania humilis</i>	0,41	0,15	0,25	0,81
65. <i>Diospyros hispida</i>	0,41	0,22	0,11	0,74
66. <i>Salvertia convallariodora</i>	0,41	0,07	0,23	0,71
67. <i>Rourea induta</i>	0,41	0,22	0,05	0,67
68. <i>Brosimum gaudichaudii</i>	0,41	0,07	0,18	0,66
69. <i>Miconia</i> sp.1	0,41	0,07	0,17	0,65
70. <i>Piptadenia</i> sp.1	0,41	0,07	0,16	0,64
71. Indet.* sp.2	0,41	0,07	0,10	0,58
72. <i>Aspidosperma</i> sp.1	0,41	0,07	0,09	0,57
73. <i>Tabebuia</i> sp.1	0,41	0,07	0,04	0,52
74. <i>Myrtaceae</i> sp.3	0,41	0,07	0,04	0,52
75. <i>Enterolobium</i> sp.1	0,41	0,07	0,04	0,52
76. <i>Eremanthus</i> sp.1	0,41	0,07	0,04	0,52
77. <i>Bombax gracilipes</i>	0,41	0,07	0,03	0,51
78. <i>Vochysia elliptica</i>	0,41	0,07	0,02	0,50
79. <i>Pseudobombax longiflorum</i>	0,41	0,07	0,01	0,49
80. <i>Machaerium acuminatum</i>	0,41	0,07	0,01	0,49
81. Indet.* sp.1	0,41	0,07	0,01	0,49
82. <i>Tabebuia insignis</i>	0,41	0,07	0,01	0,49

* espécie não identificada.

TABELA IV.3
VALORES DE IVI DAS ÁRVORES DE CAMPO CERRADO

CAMPO CERRADO				
ESPECIES	F _r	N _r	D _r	IVI
1. <i>Ouratea castaneifolia</i>	4,65	11,92	9,15	25,72
2. <i>Kielmeyera coriacea</i>	4,65	10,22	8,79	23,66
3. <i>Palicourea rigida</i>	4,65	9,12	3,35	17,12
4. <i>Erythroxylum suberosum</i>	3,88	8,82	3,46	16,16
5. <i>Vellozia flavicans</i>	3,10	9,22	3,15	15,47
6. <i>Qualea grandiflora</i>	3,88	3,24	7,52	14,64
7. <i>Qualea parviflora</i>	2,33	3,21	8,41	13,95
8. <i>Caryocar brasiliense</i>	2,33	1,10	6,55	9,98
9. <i>Byrsonima coccolobifolia</i>	4,65	3,41	1,08	9,14
10. <i>Symplocos rhamnifolia</i>	2,33	3,11	2,28	7,72
11. <i>Cassia</i> sp.1	0,78	3,11	3,29	7,18
12. <i>Davilla elliptica</i>	3,10	1,80	1,38	6,28
13. <i>Tabebuia ochracea</i>	3,88	1,30	0,98	6,16
14. <i>Styrax ferruginea</i>	3,10	1,30	0,80	5,20
15. <i>Austroplenckia populnea</i>	2,33	1,50	0,65	4,48
16. <i>Pisonia tomentosa</i>	1,55	1,00	1,76	4,31
17. <i>Piptocarpha rotundifolia</i>	2,33	1,50	1,45	4,28
18. <i>Schefflera vinosa</i>	2,33	0,80	1,03	4,16
19. <i>Byrsonima verbascifolia</i>	2,33	0,80	0,79	3,92
20. <i>Erythroxylum deciduum</i>	2,33	0,80	0,64	3,77
21. <i>Connarus fulvus</i>	2,33	0,10	1,20	3,63
22. <i>Vochysia thyrsoidea</i>	1,55	0,30	1,77	3,62
23. <i>Syagrus</i> sp	0,78	0,90	1,77	3,45
24. <i>Tocoyena formosa</i>	2,33	0,80	0,22	3,35
25. <i>Kielmeyera</i> sp.2	0,78	1,70	0,73	3,21
26. <i>Stryphnodendron adstringens</i>	2,33	0,40	0,39	3,12
27. <i>Eremanthus goyazensis</i>	2,33	0,50	0,19	3,02

TABELA IV .3 - (Continuação)

CAMPO CERRADO				
ESPECIES	F _r	N _r	D _r	IVI
28. <i>Byrsonima crassa</i>	1,55	0,70	0,73	2,98
29. <i>Erythroxylum tortuosum</i>	1,55	1,10	0,29	2,94
30. <i>Lafoensia pacari</i>	0,78	0,70	1,43	2,91
31. <i>Hancornia speciosa</i>	1,55	0,60	0,59	2,74
32. <i>Pterodon pubescens</i>	1,55	0,40	0,75	2,70
33. <i>Vochysia rufa</i>	1,55	0,60	0,42	2,57
34. <i>Aspidosperma tomentosa</i>	1,55	0,70	0,32	2,57
35. <i>Miconia albicans</i>	0,78	1,00	0,75	2,53
36. <i>Andira paniculata</i>	0,78	0,20	1,50	2,48
37. <i>Eremanthus glomeratus</i>	1,55	0,70	0,20	2,45
38. <i>Cybianthus detergens</i>	0,78	0,10	1,54	2,42
39. <i>Mimosa clausenii</i>	1,55	0,60	0,27	2,42
40. <i>Roupala</i> sp.1	1,55	0,20	0,38	2,13
41. Indet. sp.3	1,55	0,50	0,02	2,07
42. <i>Neea theifera</i>	1,55	0,30	0,20	2,05
43. <i>Pouteria ramiflora</i>	0,78	0,30	0,92	1,90
44. <i>Dimorphandra mollis</i>	1,55	0,10	0,21	1,86
45. <i>Cassia</i> sp.2	0,78	0,50	0,43	1,71
46. <i>Hymenaea stigonocarpa</i>	0,78	0,50	0,34	1,62
47. <i>Stenocalyx</i> sp	0,78	0,20	0,61	1,59
48. <i>Sclerolobium aureum</i>	0,78	0,30	0,49	1,57
49. <i>Vochysia elliptica</i>	0,78	0,50	0,26	1,54
50. <i>Bowdichia virgilioides</i>	0,78	0,10	0,66	1,54
51. Myrtaceae sp.6	0,78	0,50	0,15	1,43
52. <i>Diospyros hispida</i>	0,78	0,30	0,27	1,35
53. Malpighiaceae	0,78	0,30	0,06	1,14
54. <i>Acosmium dasycarpum</i>	0,78	0,30	0,06	1,14
55. <i>Calliandra dysantha</i>	0,78	0,20	0,11	1,09
56. <i>Eriotheca pubescens</i>	0,78	0,20	0,10	1,08

TABELA IV .3 -(Continuação)

CAMPO CERRADO				
ESPECIES	F _r	N _r	D _r	IVI
57. <i>Brosimum gaudichaudii</i>	0,78	0,20	0,07	1,05
58. <i>Kielmeyera</i> sp.1	0,78	0,10	0,26	1,04
59. <i>Enterolobium</i> sp.1	0,78	0,10	0,14	1,02
60. <i>Aspidosperma verbascifolia</i>	0,78	0,10	0,03	1,01
61. <i>Miconia</i> sp.1	0,78	0,10	0,12	1,00
62. <i>Machaerium opacum</i>	0,78	0,10	0,11	0,99
63. Indet. sp.35	0,78	0,10	0,10	0,98
64. <i>Dalbergia violacea</i>	0,78	0,10	0,04	0,92
65. <i>Erianthus incanus</i>	0,78	0,10	0,04	0,92
66. <i>Roupala montana</i>	0,78	0,10	0,04	0,92
67. <i>Strychnos pseudoquina</i>	0,78	0,10	0,04	0,92
68. <i>Maytenus</i> sp.1	0,78	0,10	0,03	0,91
69. <i>Pisonia</i> sp.1	0,78	0,10	0,02	0,90
70. <i>Byrsonima crassifolia</i>	0,78	0,10	0,01	0,89
71. Indet. sp.32	0,78	0,10	0,01	0,89
72. Indet. sp.17	0,78	0,10	0,01	0,89

TABELA IV.4

VALORES DE IVI DAS ÁRVORES DO CAMPO SUJO DE CERRADO

CAMPO SUJO DE CERRADO				
ESPECIES	F _r	N _r	D _r	IVI
1. <i>Erythroxylum suberosum</i>	5,07	11,78	9,64	26,49
2. <i>Piptocarpha rotundifolia</i>	3,39	8,74	14,31	26,44
3. <i>Ouratea castaneifolia</i>	6,78	15,20	1,25	23,23
4. <i>Davilla elliptica</i>	3,39	15,20	2,23	20,82

TABELA IV.4 -(Continuação)

CAMPO SUJO DE CERRADO				
ESPECIES	F _r	N _r	D _r	IVI
5. <i>Erythroxylum tortuosum</i>	6,78	7,22	5,17	19,17
6. <i>Kielmeyera</i> sp.2	1,69	7,98	6,95	16,62
7. <i>Qualea parviflora</i>	6,78	4,94	1,87	13,59
8. <i>Maytenus</i> sp.1	3,39	4,94	4,75	13,08
9. <i>Stryphnodendron adstringens</i>	6,78	2,66	2,69	12,13
10. <i>Byrsonima coccolobifolia</i>	5,07	2,66	4,33	12,06
11. <i>Tabebuia</i> sp	3,39	4,56	2,76	10,71
12. <i>Palicourea rigida</i>	3,39	3,42	2,49	9,30
13. <i>Neea theifera</i>	3,39	3,04	2,16	8,59
14. <i>Byrsonima verbascifolia</i>	5,07	2,28	0,85	8,20
15. <i>Qualea grandiflora</i>	3,39	0,76	3,07	7,22
16. <i>Kielmeyera coriacea</i>	3,39	2,28	1,34	7,01
17. <i>Eriotheca pubescens</i>	3,39	1,90	1,04	6,33
18. <i>Vellozia flavicans</i>	1,69	2,66	1,43	5,78
19. <i>Hancornia speciosa</i>	1,69	1,14	2,27	5,10
20. <i>Rourea induta</i>	1,69	0,38	1,80	3,87
21. <i>Symplocos rhamnifolia</i>	1,69	1,14	0,99	3,82
22. <i>Byrsonima crassifolia</i>	1,69	1,14	0,62	3,45
23. <i>Acosmium dasycarpum</i>	1,69	1,14	0,47	3,30
24. Indet.	1,69	0,38	0,78	2,85
25. <i>Erianthus incanus</i>	1,69	0,38	0,48	2,55
26. <i>Vochysia rufa</i>	1,69	0,38	0,34	2,41
27. <i>Aegiphila parviflora</i>	1,69	0,38	0,26	2,33
28. <i>Bowdichia virgilioides</i>	1,69	0,38	0,26	2,33
29. <i>Zeyhera digitalis</i>	1,69	0,38	0,19	2,26
30. <i>Connarus fulvus</i>	1,69	0,38	0,15	2,22
31. <i>Vochysia elliptica</i>	1,69	0,38	0,15	2,22
32. Myrtaceae	1,69	0,38	0,13	2,20

Verifica-se que nas formas campo cerrado e cerrado, as espécies que apresentaram valores de IVI acima de 1,00, são respectivamente, em número de 60 e 62. Isto mostra que as duas formas possuem em termos de IVI, a mesma importância, donde a reflectância da forma cerrado não apresentar diferenças sensíveis, em relação ao campo cerrado. O campo sujo apresentou apenas 32 espécies, com valores de IVI acima de 1,00.

As espécies mais comuns nas formas cerrado e campo cerrado foram: *Kielmeyera coriacea*, *Ouratea castaneifolia*, *Erythroxylum suberosum*, *Qualea parviflora*, *Qualea grandiflora*, *Caryocar brasiliense* e *Byrsonima coccolobifolia*. No campo sujo foram: *Erythroxylum suberosum*, *Piptocarpha rotundifolia*, *Ouratea castaneifolia*, *Davilla elliptica* e *Erythroxylum tortuosum*. Observou-se que, as espécies *Erythroxylum suberosum* e *Ouratea castaneifolia* são as mais comuns, nas três formas de Cerrado.

4.3 - CARACTERÍSTICAS DO CERRADO NAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS

A seguir, são apresentados e discutidos os resultados obtidos das imagens multiespectrais, quanto aos aspectos textural e tonal.

4.3.1 - APRESENTAÇÃO DOS PADRÕES TEXTURAIS

O aspecto textural obtido através das imagens MSS, é discutido em relação às análises visual e automática.

a) Interpretação visual

A Tabela IV.5 mostra o resultado da análise visual das imagens, com relação às formas de Cerrado, em diferentes épocas, nos quatro canais do MSS.

TABELA IV.5
PADRÕES DE TEXTURA DAS FORMAS DE CERRADO

FORMAS	TEXTURA							
	ESTAÇÃO SECA				ESTAÇÃO CHUVOSA			
	CANAIS				CANAIS			
	4	5	6	7	4	5	6	7
Cerrado	Hom [*]	Hom	Hom	Hom	Hom	Hom	Hom	Hom
Campo Cerrado	Het ^{**}	Het	Het	Het	Hom	Hom	Hom	Hom
Campo sujo	Hom	Hom	Hom	Hom	Hom	Hom	Hom	Hom

(*) Hom = homogênea

(**) Het = heterogênea

Como pode ser observado, a forma cerrado apresentou-se, em todas as passagens analisadas, com textura homogênea. Isto comprova de uma forma satisfatória, o resultado encontrado por Grehs (1974), ao utilizar a imagem do canal 5. Essa textura homogênea pode ser atribuída à sua massa foliar mais densa, cujas copas, geralmente, se mantêm verdes mesmo na estação seca.

O campo cerrado apresentou resposta espectral diferente nas duas estações analisadas. Na estação chuvosa, a textura é homogênea como no cerrado, pois os diferentes estratos vegetais se conservam verdes e vigorosos. Todavia, na estação seca, a textura é heterogênea, face, principalmente, à presença do estrato herbáceo seco, cuja reflectância é diferente da dos estratos arbóreo e arbustivo, que se mantêm verdes.

O campo sujo, que é constituído predominantemente de gramíneas, apareceu nas imagens do MSS, com textura

homogênea, independentemente da época de observação.

Pelo que se pode constatar, conforme Carter e Stone (1974) e Estes e Simonett (1975), a textura pode ser utilizada no estudo de caracterização das diferentes formas de Cerrado.

b) Interpretação automática

Na análise automática não foi utilizado o padrão de textura, visto que o sistema I-100 extrai informações ponto por ponto espectralmente dos dados sensoriados, levando em consideração apenas o padrão de tonalidade dos mesmos, expressos em dígitos nas fitas CCT.

Estão sendo feitas tentativas com vistas à utilização deste aspecto das imagens para este tipo de análise.

4.3.2 - APRESENTAÇÃO DOS VALORES DE TONALIDADE

A seguir são apresentados os resultados dos valores de tonalidade, obtidos da interpretação visual e automática.

a) Interpretação visual

Os valores de níveis de cinza obtidos através da análise visual das 18 amostras representativas, demarcadas nas imagens MSS (Figura III.12), são apresentados na Tabela IV.6, para cada canal do MSS, nas respectivas datas de passagem.

TABELA IV.6
NÍVEIS DE CINZA DAS FORMAS DE CERRADO

FORMAS	ÁREAS	11.05.75			18.06.78			27.08.75			07.08.77			08.02.77			
		CANAIS			CANAIS			CANAIS			CANAIS			CANAIS			
		4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7
cerrado	1	5	4	4	6	6	5	5	5	5	6	4	6	5	4	7	7
	4	5	4	3	6	6	5	5	6	6	5	3	7	5	4	8	9
	9	5	4	4	5	4	5	5	6	6	4	6	6	5	3	6	6
	11	4	4	3	5	6	5	5	7	6	6	3	7	4	4	7	7
	13	5	5	3	5	5	6	5	6	6	5	4	6	5	4	7	6
	16	5	5	4	5	6	6	4	7	5	6	5	3	4	4	8	7
campo cerrado	19	5	5	4	7	7	5	5	7	7	6	6	6	5	5	8	9
	23	6	5	4	6	8	6	5	7	7	7	6	7	5	6	8	8
	25	6	6	5	6	7	5	5	7	7	6	6	6	6	5	8	7
	28	6	6	6	7	8	6	6	8	7	7	6	8	6	5	9	8
	31	6	5	5	6	9	6	6	7	7	6	7	7	7	5	8	8
	35	6	6	5	6	9	6	6	7	7	7	6	7	5	5	8	9
campo sujo	37	7	6	6	7	8	7	6	7	7	9	7	6	6	6	11	8
	41	7	6	5	7	8	6	7	7	7	8	7	7	6	6	10	8
	44	7	6	5	7	9	8	8	7	8	6	6	7	6	6	9	9
	46	7	6	6	8	10	8	8	6	9	8	7	8	7	6	10	10
	51	8	7	5	7	9	8	8	6	9	8	7	7	6	6	10	8
	53	7	6	6	7	9	8	8	7	9	9	7	6	6	6	10	9

b) Interpretação automática

As assinaturas espectrais das classes (vegetação-solo), obtidas da análise dos quatro canais do MSS, nas diferentes datas de passagem, são apresentadas na Tabela IV.7. Esses parâmetros espectrais foram obtidos das 18 amostras representativas.

4.3.3 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPACIAL

Nesta seção são mostradas as possíveis influências do solo e do relevo, na resposta espectral das formas de Cerrado.

a) Interpretação visual

Fazendo-se uma comparação entre os esboços de relevo e da rede de drenagem, verificou-se que nas áreas de topografia mais movimentada, ocorre alta densidade de drenagem, comparada às áreas de topografia mais plana. Isto vem confirmar os resultados de Strahler (1957), quando do estudo da associação de drenagem e relevo.

Pela justaposição do mapa de solos com o esboço de relevo, observou-se que os latossolos ocorrem, geralmente, em áreas mais planas, enquanto os cambissolos nas mais movimentadas, mostrando a correlação existente entre os tipos de solo e classes de relevo.

Associando-se o esboço de vegetação ao mapa de solos, constatou-se que as formas de cerrado e campo cerrado são as predominantes nos latossolos, enquanto que a forma campo sujo ocorre nos cambissolos.

TABELA IV.7

PARÂMETROS ESPECTRAIS DAS FORMAS DE CERRADO, NOS DIFERENTES TIPOS DE SOLOS

CLASSES	11.05.75							27.08.75							8.02.77							7.08.77							18.06.78						
	CANAIS							CANAIS							CANAIS							CANAIS							CANAIS						
	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7							
CELE	33,21	25,74	38,16	51,76	41,51	39,30	41,53	50,04	25,58	26,10	58,52	54,15	19,72	26,22	35,90	28,53	20,59	18,05	32,08	40,79															
CELV	32,92	25,42	40,41	54,13	44,44	45,36	47,17	53,07	25,65	27,02	60,64	56,30	20,94	27,89	41,26	31,99	21,06	19,10	36,41	42,98															
CECD	31,83	23,85	39,33	53,12	39,72	36,53	43,66	53,45	22,46	20,71	58,68	56,30	18,38	24,10	38,19	28,72	19,75	15,23	32,86	41,57															
CCELE	34,11	28,55	46,49	58,61	42,43	43,74	46,99	53,38	28,47	33,69	69,45	60,13	21,95	33,91	44,09	32,61	22,61	22,26	33,71	39,40															
CCLV	35,06	29,55	43,68	55,38	45,43	48,13	46,78	51,35	25,03	27,08	60,32	55,18	21,63	31,80	43,45	33,38	21,73	21,55	36,65	44,56															
CCCD	35,18	28,69	44,34	57,85	44,45	49,32	49,20	52,74	29,81	35,31	65,94	58,35	20,69	29,41	39,17	28,53	22,16	21,53	35,37	40,28															
CSLE	34,82	32,28	46,95	55,89	44,78	54,68	47,50	46,40	30,85	42,67	73,44	60,31	24,49	39,06	48,09	34,83	21,59	23,65	36,96	41,34															
CSLV	37,49	31,49	49,06	61,02	55,49	58,32	53,89	56,18	31,91	35,34	68,82	64,03	25,05	36,91	46,97	37,42	23,81	23,74	38,79	45,73															
CSCD	40,26	34,74	47,88	56,46	58,00	63,09	58,84	58,68	36,16	40,21	73,42	62,38	26,78	38,90	47,63	34,15	25,54	28,01	42,70	46,31															

ORIGINAL PAGE 11
OF 11

Através dessa análise, verificou-se que cada forma de Cerrado está associada a uma determinada classe de relevo, que por sua vez também está associada a um determinado padrão de drenagem e tipo de solo. Todavia, não foi possível observar, isoladamente, a influência das diferentes classes de relevo na resposta espectral de cada forma de Cerrado.

b) Interpretação automática

Não serão feitos maiores comentários a respeito da influência do relevo na resposta espectral da vegetação dos Cerrados, através da análise automática, tendo em vista os resultados encontrados na interpretação visual.

Na Tabela IV.8 mostram-se os resultados da análise de variância das assinaturas espectrais das nove classes (vegetação-solo), nas diferentes passagens.

TABELA IV.8
ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS QUATRO CANAIS

CANAL	FONTE DE VARIACÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DOS QUADRA - DOS	MÉDIA DA SOMA DOS QUADRA - DOS	F CAL CULADO
4	Passagem	4	3590,16	897,54	10,43
	Classe	8	469,83	58,73	
	Erro	32	180,31	5,63	
	Total	44	4240,30		
5	Passagem	4	3575,52	893,88	18,25
	Classe	8	1216,42	152,05	
	Erro	32	266,63	8,33	
	Total	44	5058,57		
6	Passagem	4	4401,69	1100,42	16,29
	Classe	8	706,27	88,28	
	Erro	32	173,32	5,42	
	Total	44	5281,28		
7	Passagem	4	4287,21	1071,80	6,23
	Classe	8	232,80	29,10	
	Erro	32	149,56	4,67	
	Total	44	4669,57		

Os valores de F calculados em relação aos quatro canais mostraram uma diferença altamente significativa entre as classes analisadas. Com base nesses resultados, foi aplicado o teste de Duncan para verificar o possível agrupamento entre essas classes, conforme mostra a Tabela IV.9.

TABELA IV.9

TESTE DE DUNCAN APLICADO ÀS CLASSES (VEGETAÇÃO-SOLO)

CANAIS	VALORES LSR (NÍVEL DE 0.05)	VALORES DE FORMA DE CERRADO/TIPO DE SOLO
4	p=2 p=3 p=4 p=5 p=6 p=7 p=8 p=9	CECD CELE CELV CCLV CCLE CSLE CCCD CSLV CSCD
	3,06 3,22 3,30 3,39 3,44 3,48 3,51 3,55	26,43 28,12 29,02 29,78 29,91 31,31 32,20 34,75 37,52
5	3,72 3,91 4,02 4,12 4,18 4,24 4,28 4,32	CECD CELE CELV CCLV CCLE CCCD CSLV CSLE CSCD
		24,08 27,06 28,94 31,62 32,43 32,89 37,16 38,47 40,99
6	3,00 3,16 3,24 3,22 3,37 3,42 3,45 3,48	CELE CECD CELV CCLV CCLE CCCD CSLV CSLE CSCD
		41,23 42,54 44,98 46,18 46,80 48,15 50,59 51,51 54,09
7	2,80 2,94 3,02 3,10 3,15 3,19 3,22 3,25	CELE CECD CCCD CELV CSLE CCLV CCLE CSCD CSLV
		45,05 46,63 47,55 47,69 47,75 47,97 48,43 51,60 52,88

p = nº de médias comparadas

O teste de Duncan mostrou, de um modo geral, que as classes encontram-se agrupadas independentemente do canal utilizado, mostrando que a possível influência do solo não foi detectada. Inclusive, a análise de cada forma de Cerrado nos três tipos de solo, mostrou a ocorrência de superposição entre elas, em termos de resposta espectral.

Isso não elimina, porém, a hipótese de separabilidade das formas de Cerrado, nos diferentes tipos de solos, através da interpretação automática.

4.3.4 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL

As respostas espectrais das formas de Cerrado, obtidas da análise visual e automática, são apresentadas graficamente. Isto permite avaliar o comportamento espectral dessas formas, nas faixas em que operam os elementos dos sensores do MSS/LANDSAT.

a) Interpretação visual

A Tabela IV.10 apresenta as médias dos valores de tonalidade de cada forma de Cerrado para cada canal, nas respectivas datas de passagem.

Para permitir melhor visualização e compreensão do comportamento espectral das formas de Cerrado, esses valores médios de tonalidade foram colocados em gráficos (Figura IV.3).

TABELA IV.10
VALORES MÉDIOS DE TONALIDADE

FORMAS CANAIS DATAS	CERRADO				CAMPO CERRADO				CAMPO SUJO			
	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7
08.02.77	5,00	3,83	7,17	7,00	5,33	5,00	8,17	8,17	6,17	6,00	10,00	8,67
11.05.75	4,83	4,33	3,33	5,33	5,83	5,50	4,83	6,33	7,17	6,17	5,50	7,17
18.06.78	5,50	5,33	4,67	6,83	8,00	5,67	5,50	7,17	8,83	7,83	7,00	7,50
07.08.77	4,50	5,67	3,33	6,33	5,83	6,33	5,67	6,83	6,17	8,33	6,83	6,83
27.08.75	5,67	5,50	5,00	5,83	7,00	6,67	6,67	5,83	8,17	8,67	8,00	6,17

C-2

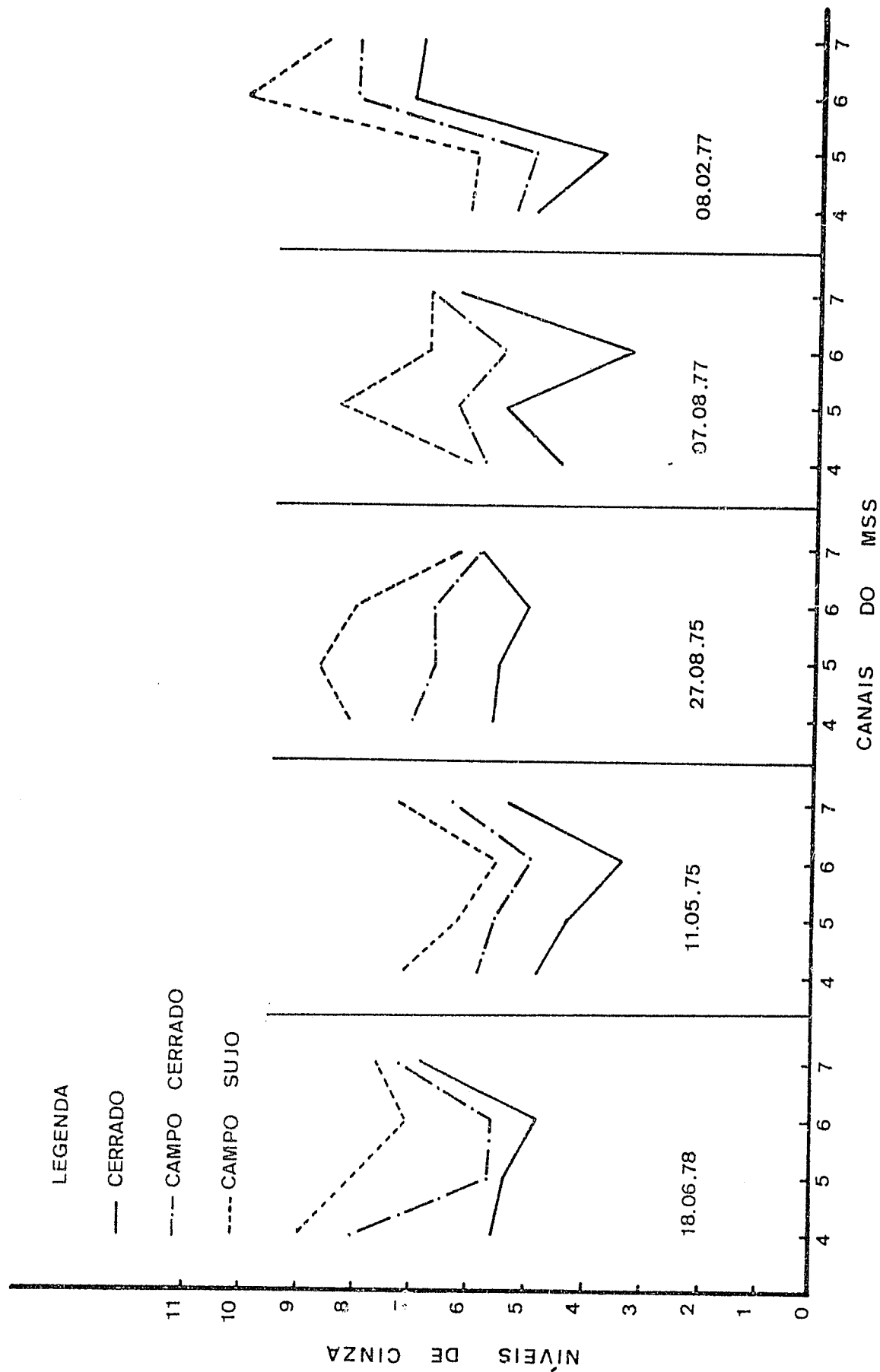


Fig. IV.3 - Comportamento espectral das formas de Cerrado, nos quatro canais, em diferentes datas de passagem

Verifica-se pela Figura IV.3, que a forma cerrado, de maior densidade foliar, apresentou resposta espectral bem distinta da forma campo sujo, constituída predominantemente de gramíneas. Isto confirma as observações de Siegal e Goetz (1977), ao mostrarem que a resposta espectral da vegetação, depende da sua biomassa, além do tipo de cobertura vegetal.

O campo cerrado sendo uma forma intermediária em termos de densidade foliar, tem uma resposta espectral situada entre o cerrado e o campo sujo.

Constatou-se também, que as formas de Cerrado absorvem maior quantidade de energia eletromagnética na faixa de 700 a 800 nm (canal 6), na estação seca. O mesmo não ocorre na estação chuvosa, quando a maior absorção de radiação se verificou na faixa de 500 a 700 nm (canais 4 e 5). Isto comprova os resultados de Myers e Allen (1968), Thomas e Oerther (1972) e Maxwell (1975a), de que a folha verde absorve a radiação na referida faixa, devido à presença de clorofila.

Na faixa de 700 a 1100 nm (canais 6 e 7), apenas na data de 08.02.77, as formas de Cerrado apresentaram comportamento espectral esperado, ou seja, alta reflectância e baixa absorção, comparada à faixa do visível. Isto confirma a citação de Maxwell (1975a), ao justificar esse comportamento, face à alta porcentagem de reflexão de energia infravermelha pela vegetação verde na faixa de 800 a 1100 nm.

Nas demais passagens, não se verificou o comportamento espectral esperado, provavelmente por problemas de processamento e possivelmente por influência da atmosfera. Todavia, isso não impede a caracterização das formas de

Cerrado, através da interpretação visual.

a) Interpretação automática

A Tabela IV.11 mostra as médias dos valores tonais de cada forma de Cerrado, sem levar em consideração os tipos de solos.

Esses valores médios, apresentados graficamente na Figura IV.4, permitiram a análise do comportamento espectral das formas de Cerrado.

TABELA IV.11
MÉDIA DOS VALORES DE CINZA DAS FORMAS DE CERRADO

FORMAS CANALIS DATAS	CERRADO			CAMPO CERRADO			CAMPO SUJO		
	4	5	6	7	4	5	6	7	
08.02.77	24,56	24,61	59,28	55,58	27,77	32,03	65,24	57,89	32,97 39,41 71,89 62,24
11.05.75	32,65	25,00	39,30	53,00	32,69	29,00	44,84	57,28	37,52 32,84 47,96 57,79
18.06.78	20,47	17,46	33,45	41,78	21,96	21,78	35,24	41,41	23,65 25,13 39,48 44,46
07.08.77	19,68	26,07	38,45	29,74	24,33	31,70	42,24	31,51	25,44 38,29 47,56 35,47
27.08.75	41,89	40,33	44,12	48,92	45,73	46,63	47,66	52,73	53,04 59,00 53,41 53,75

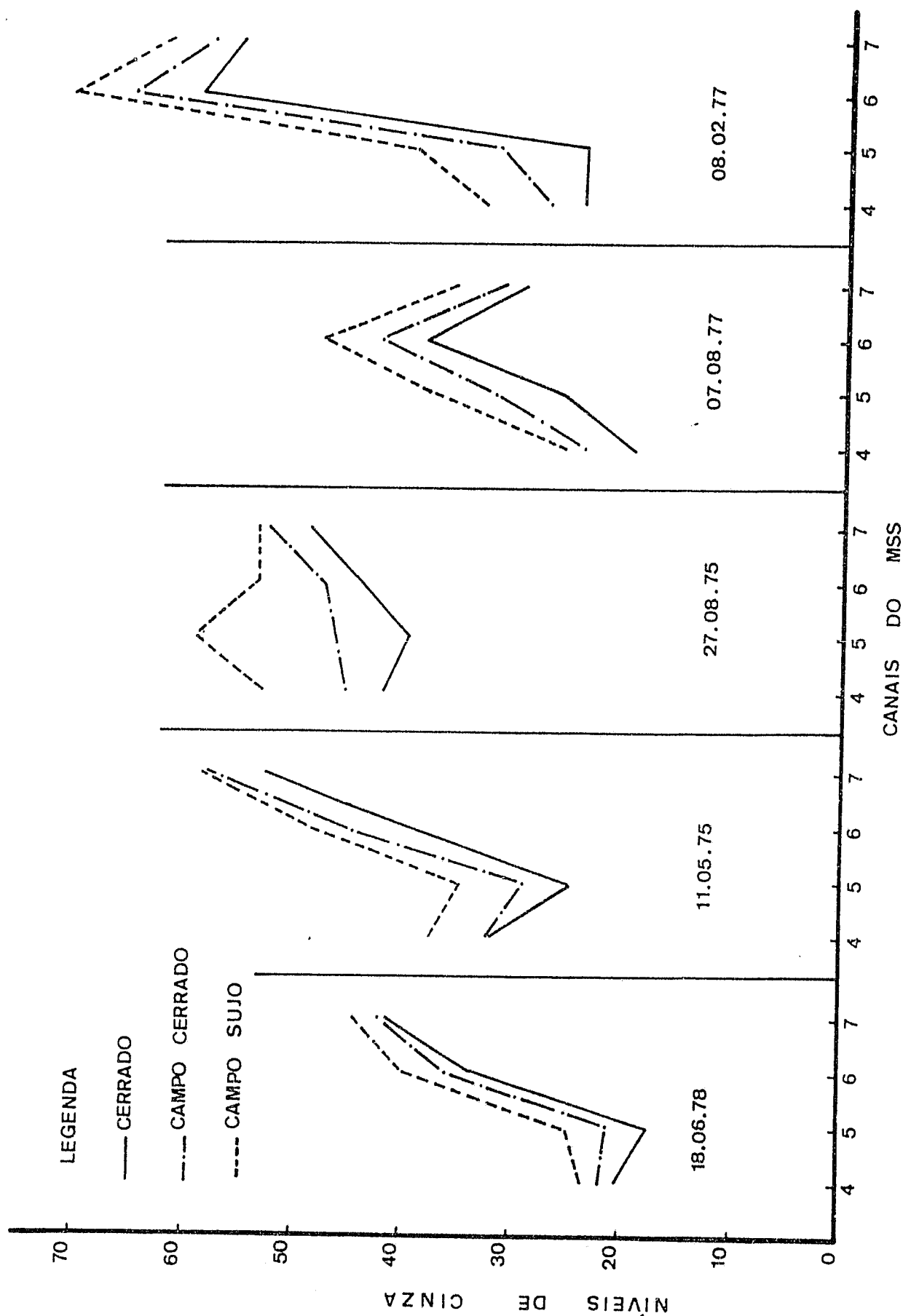


Fig. IV.4 - Comportamento espectral das formas de Cerrado, nos quatro canais, em diferentes datas de passagem

Observa-se que as formas de Cerrado possuem características espectrais bem definidas, na análise automática, comprovando-se os resultados obtidos na análise visual.

Os gráficos mostram que as formas de Cerrado apresentam maior absorção de radiação eletromagnética na faixa de 500 a 700 nm (canais 4 e 5), tanto na estação chuvosa como na seca, discordando, em parte, dos resultados obtidos na interpretação visual. Por outro lado, elas apresentam na faixa de 700 a 1100 nm (canais 6 e 7), alta reflectância e baixa absorção, confirmando as observações de Maxwell (1975a) e Santos e Novo (1977). Verificou-se que na estação chuvosa (08.02.77), os valores de reflectância são maiores do que na seca, em virtude da maior exuberância da vegetação.

Em comparação à análise visual, a automática mostrou resultados mais consistentes, em relação ao comportamento espectral previsto.

4.3.5 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TEMPORAL

Os dados de variação do comportamento espectral das formas de Cerrado, em função da época do ano, através da análise visual e automática, são apresentados a seguir:

a) Interpretação visual

As Figuras IV.5 e IV.6 mostram os resultados do comportamento espectral das formas de Cerrado, nos anos de 1975 e 1977.

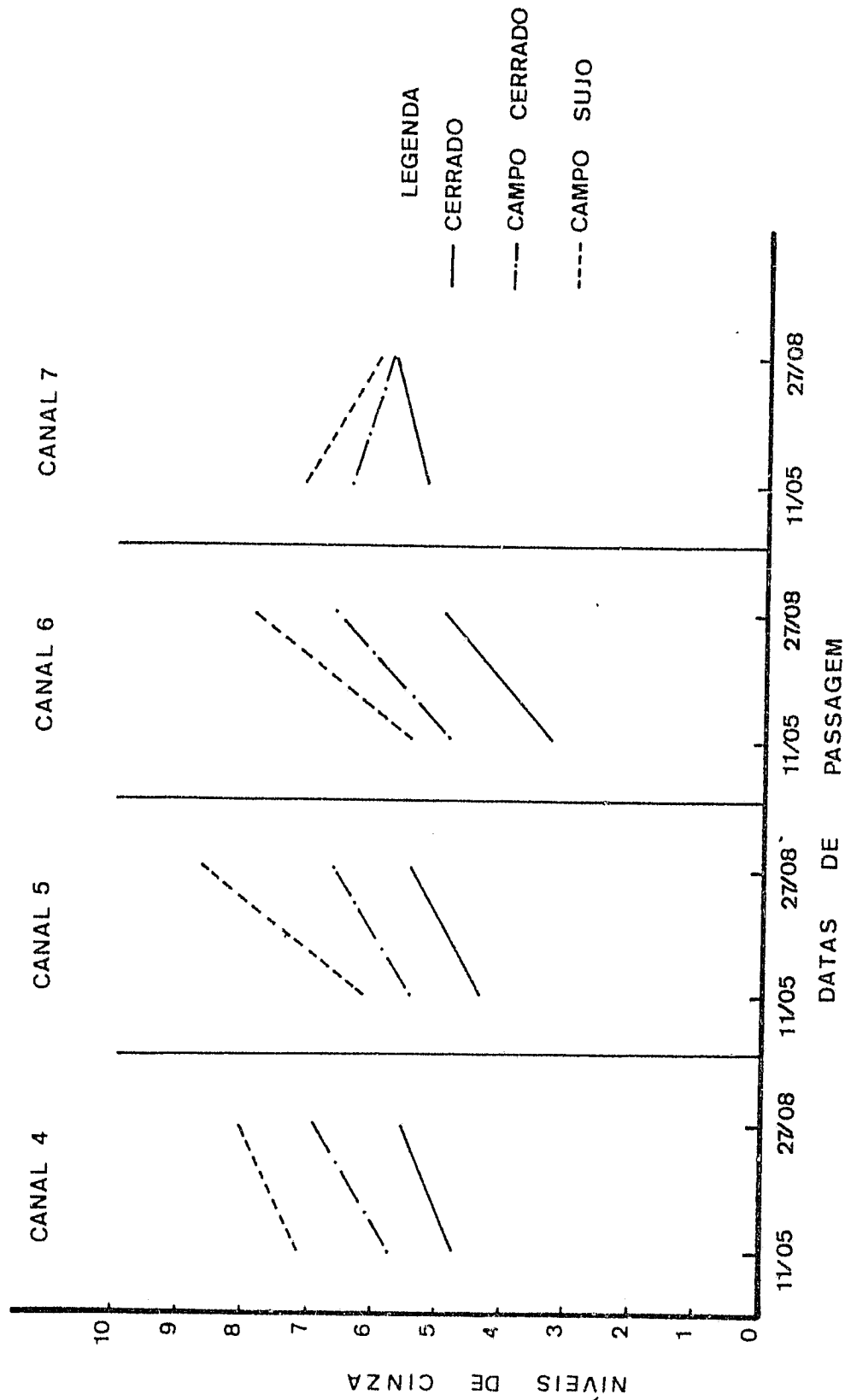


Fig. IV.5 - Efeito da variação sazonal no comportamento espectral das formas de Cerrado, em 1975

94

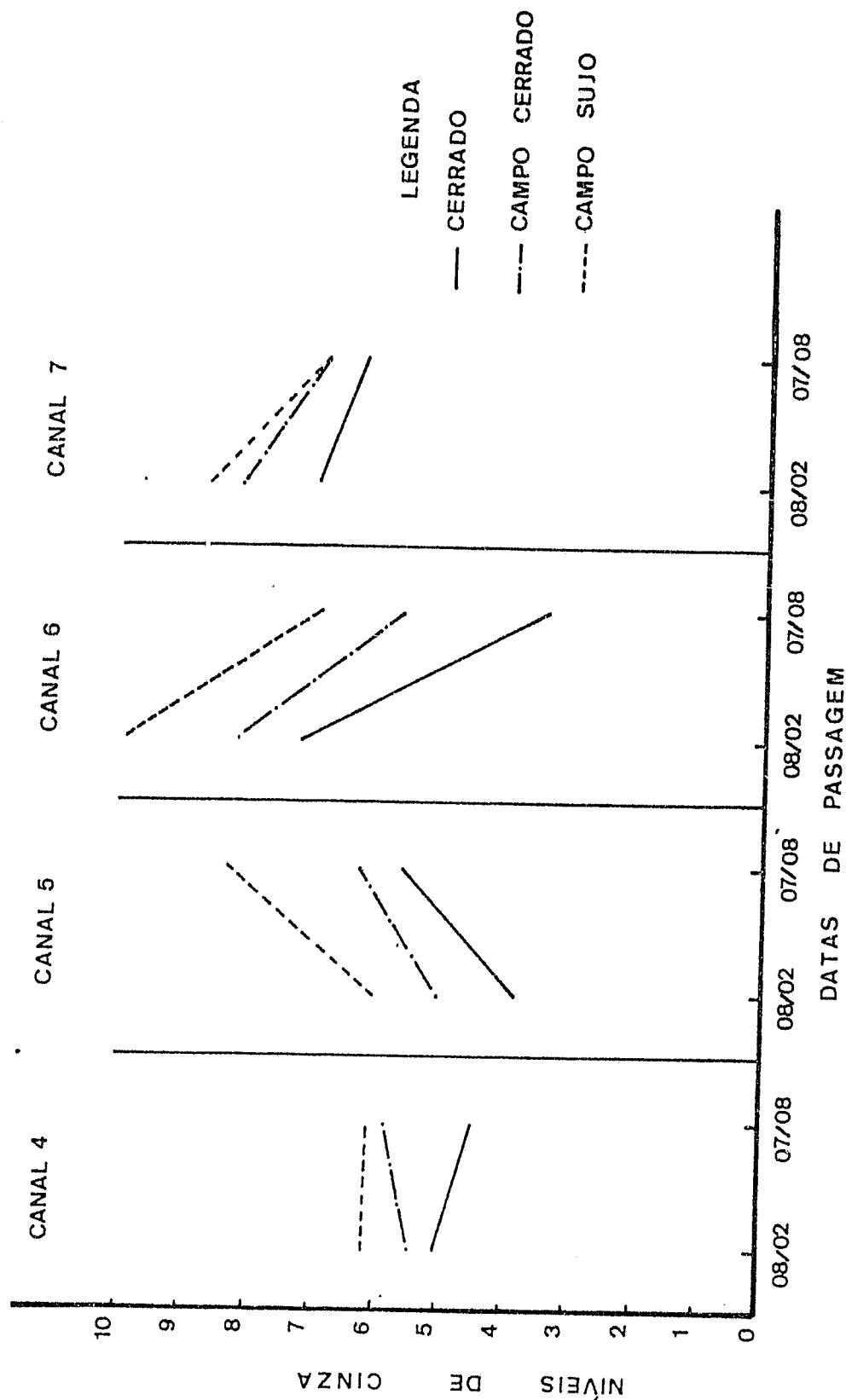


Fig. IV.6 - Efeito da variação sazonal no comportamento espectral das formas de Cerrado, em 1977

Verifica-se por esses gráficos, que o canal 5 possibilitou uma visualização mais adequada do efeito da variação sazonal. Esses resultados comprovam parcialmente, os obtidos por Ashley e Dethier (1973), ao afirmarem que a progressão fenológica pode ser observada em imagens dos canais 5 e 7 do MSS.

De uma forma geral, as variações, no comportamento espectral do campo cerrado e cerrado, são menos acentuadas, quando comparadas às do campo sujo. Isto pode ser devido à pequena variação de biomassa que ocorre entre as duas primeiras formas.

Comparando-se os gráficos do comportamento espectral das formas de Cerrado, em duas épocas diferentes, observou-se uma variação acentuada nos valores de tonalidade, em cada canal do MSS. Isto é devido ao maior desenvolvimento vegetativo, na época em que o solo apresenta maior disponibilidade de água, conforme ficou demonstrado por Valério Filho et al. (1976).

b) Interpretação automática

As Figuras IV.7 e IV.8 mostram os resultados da influência da variação sazonal no comportamento espectral da vegetação em estudo.

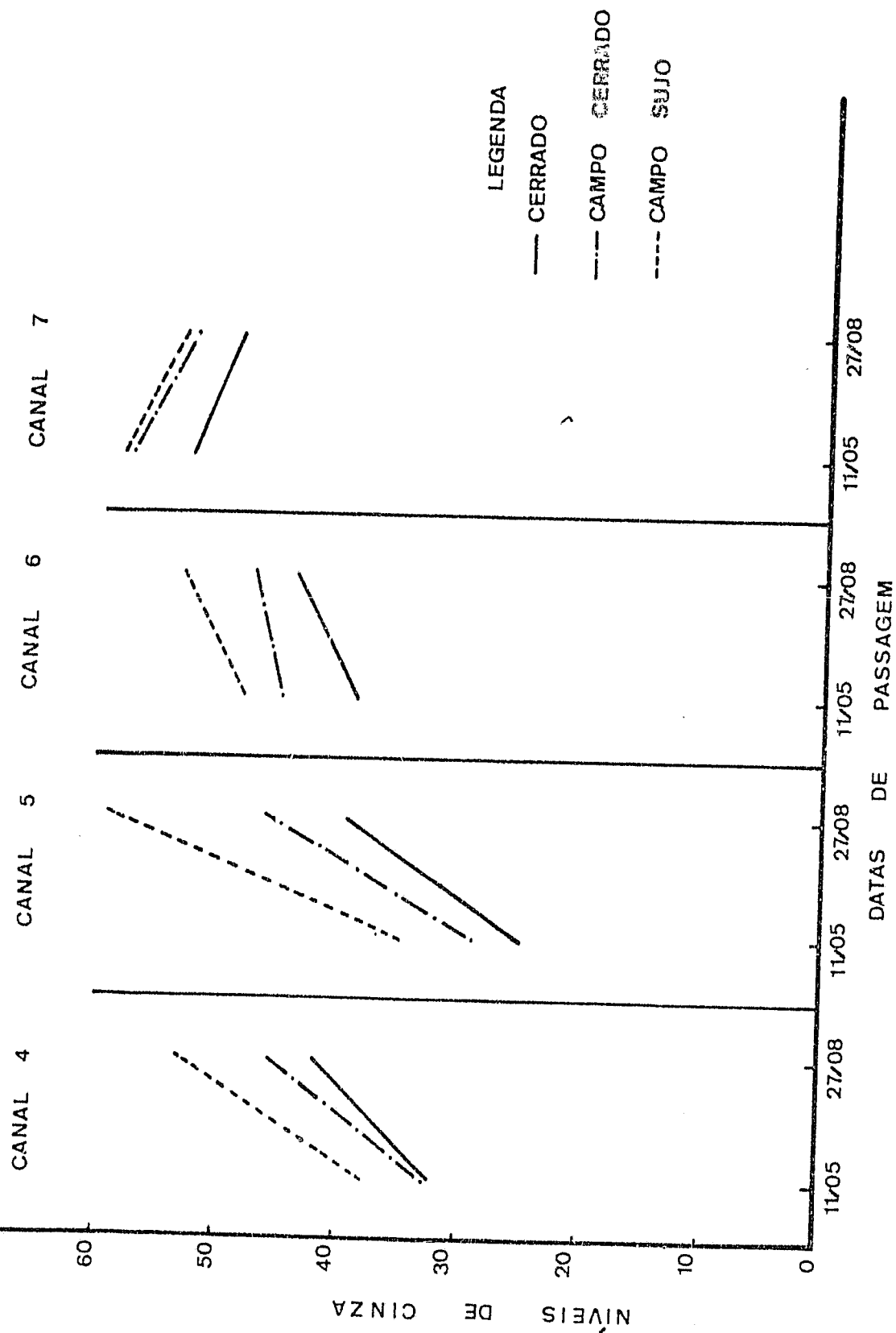


Fig. IV.7 - Efeito da variação sazonal no comportamento espectral das formas de cerrado, em 1975

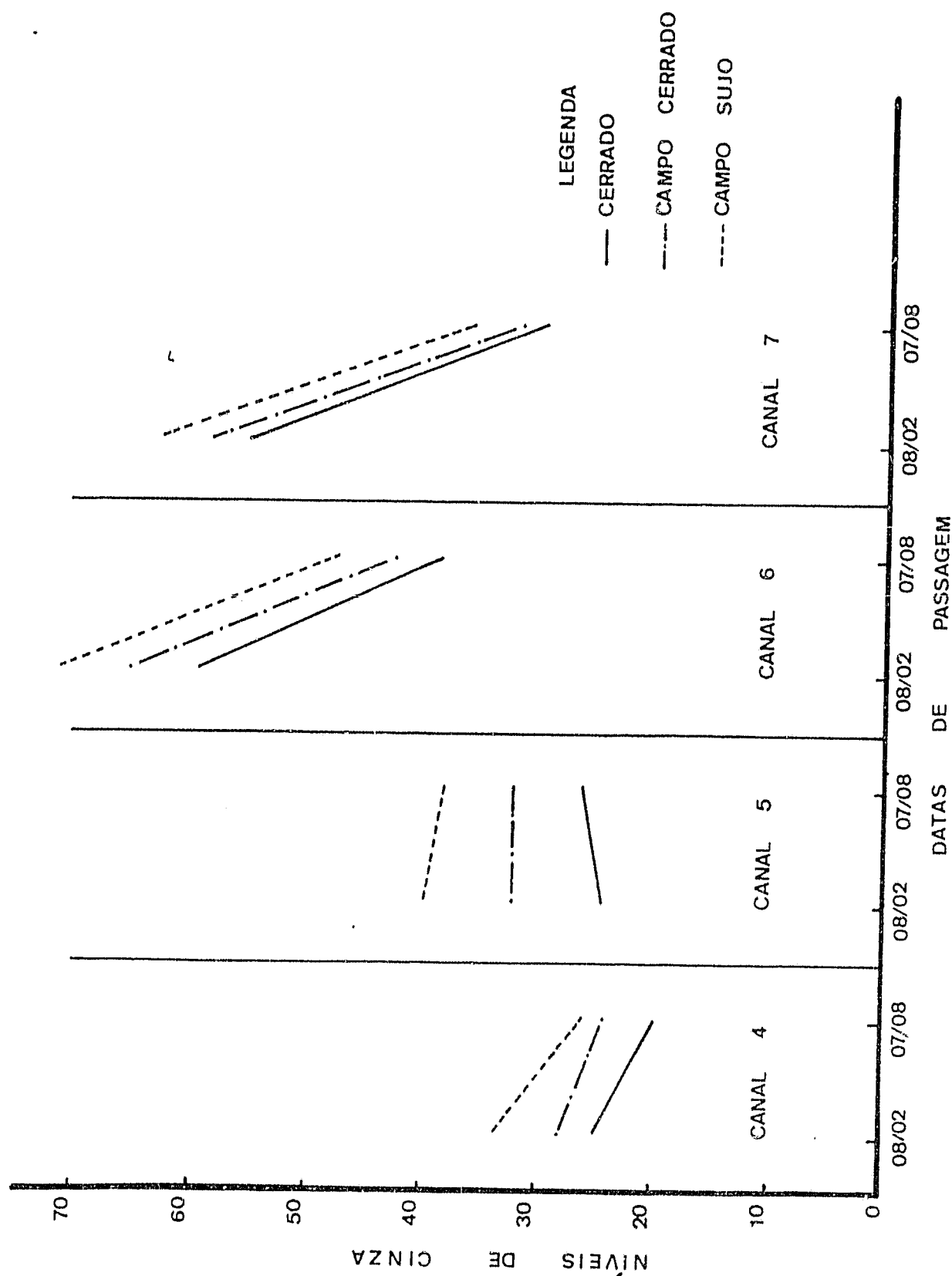


Fig. IV.8 - Efeito da variação sazonal no comportamento espectral das formas de Cerrado, em 1977

Comparando-se os gráficos dos respectivos anos, os dados de 1975 mostraram que os canais 4, 5 e 7 correspondem ao comportamento espectral esperado, visto que na faixa de 500 a 700 nm (canais 4 e 5), a vegetação apresenta baixa reflectância na estação chuvosa comparada à seca. O inverso ocorre na faixa de 700 a 1100 nm (canais 6 e 7). Todavia, em 1977 apenas os canais 6 e 7 corresponderam ao comportamento esperado.

Verificou-se que o canal 7 é o que melhor expressa a variação sazonal, ao passo que na interpretação visual, o canal 5 foi o que se mostrou mais apropriado.

Assim, os resultados da análise visual e automática, com relação aos canais que melhor expressam a variação sazonal, ou sejam, os canais 5 e 7, vieram comprovar os de Ashley e Dethier (1973).

4.3.6 - SELEÇÃO DE ÉPOCAS E CANAIS

Baseado nos resultados obtidos da análise visual e automática, são apresentadas as épocas e canais mais adequados para a caracterização das diferentes formas de Cerrado.

a) Interpretação visual

Levando-se em consideração o padrão textura, verificou-se que as imagens multiespectrais da estação seca, expressam melhor a separabilidade das formas de Cerrado. Nesta época, o campo cerrado apresenta textura diferente do cerrado e do campo sujo.

Em termos de tonalidade, as formas de Cerrado podem ser discriminadas tanto na estação seca quanto na

chuvosa.

Na escolha dos canais mais adequados, o aspecto textural não foi de grande valia, em razão dessas canais não apresentarem padrões distintos em relação às diferentes formas de Cerrado. Portanto, deve-se utilizar apenas o padrão de tonalidade.

Na Tabela IV.12 são apresentados os resultados da análise de variância, aplicada aos dados de tonalidade da Tabela IV.11.

Constatou-se a existência de diferenças altamente significativas entre as formas de Cerrado nos canais 4 e 6, enquanto no canal 7, a diferença foi significativa ao nível de 0,05.

A aplicação do teste de Duncan (Tabela IV.13), evidenciou que as formas de Cerrado são separáveis nos canais 4, 5 e 6 do MSG. O mesmo não aconteceu no canal 7, devido ao agrupamento das formas cerrado e campo cerrado, e desta com campo sujo.

b) Interpretação automática

Os valores da distância JM entre as classes, nas passagens de 08.02.77 e 07.08.77, são apresentados nas Tabelas IV.14 a IV.21.

TABELA IV.12

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS 4 CANAIS DO MSS

FONTE DE VARIACÃO	GL	CANAL 4			CANAL 5			CANAL 6			CANAL 7		
		SQ	QM	F CALC.	SQ	QM	F CALC.	SQ	QM	F CALC.	SQ	QM	F CALC.
Passagem	4	9,38	2,35		9,36	2,34		26,77	6,69		6,23	1,56	
Classe	2	12,25	6,13	25,54**	15,59	7,80	52,00**	19,15	9,58	68,43**	6,55	1,28	4,92*
Erro	8	1,94	0,24		1,17	0,15		1,12	0,14		2,10	0,26	
Total	14	23,57			26,12			47,04			10,88		

(*) significativo ao nível de 0,05

(**) altamente significativo

L

TABELA IV.13

TESTE DE DUNCAN APLICADO AOS DADOS RELATIVOS ÀS FORMAS DE CERRADO

CANALIS	VALOR LSR a 0,05		FORMAS DE CERRADO		
	p=2	p=3	CERRADO	CAMPO CERRADO	CAMPO SUJO
4	0,72	0,75	5,10	6,40	7,30
5	0,55	0,58	4,93	5,83	7,40
6	0,55	0,58	4,70	6,17	7,47
7	0,75	0,78	6,26	6,87	7,27

p = nº de médias comparadas

THIS PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA IV.14

VALORES DE DISTÂNCIA JM DA COMBINAÇÃO DOS QUATRO CANAIS, NA PAS-
SAGEM DE 08.02.77 (PERÍODO CHUVOSO).

JM NÍVEL DE SIG- NIFICÂNCIA	CLASSES								
	CELE	CELV	CECD	CCLE	CCLV	CCCD	CSLE	CSLV	CSCD
CLASSES	CELE	0,61	1,84	1,97	0,50	1,60	2,00	1,97	1,99
	CELV	NS	1,83	1,61	0,39	1,38	2,00	1,88	1,97
	CECD	*	*	2,00	1,78	1,94	2,00	2,00	2,00
	CCLE	*	*	*	1,89	0,75	1,63	1,13	1,51
	CCLV	NS	NS	*	*	1,53	2,00	1,94	1,98
	CCCD	*	NS	*	NS	*	1,31	0,98	1,23
	CSLE	*	*	*	*	*	NS	1,70	1,31
	CSLV	*	*	*	NS	*	NS	*	1,40
	CSCD	*	*	*	*	*	NS	NS	NS

(*) Classes que apresentam separabilidade ao nível de probabilidade de classificação correta de 95 % ($JM \geq 1,50$).
NS Valor não significativo.

TABELA IV.15

VALORES DE DISTÂNCIA JM DA COMBINAÇÃO DOS QUATRO CANAIS, NA PASSAGEM DE 07.08.77 (PERÍODO DE SECA).

JM NÍVEL DE SIG- NIFICÂNCIA		C L A S S E S								
		CELE	CELV	CECD	CCLF	CCLV	CCCD	CSLE	CSLV	CSCD
C L A S S E S	CELE		1,34	0,75	2,00	1,92	1,22	1,99	2,00	2,00
	CELV	NS		1,33	1,56	0,90	0,88	1,84	1,90	1,89
	CECD	NS	NS		2,00	1,90	1,47	1,99	2,00	2,00
	CCLE	*	*	*		0,56	1,61	1,27	1,53	1,44
	CCLV	*	NS	*	NS		1,13	1,48	1,56	1,60
	CCCD	NS	NS	NS	*	NS		1,77	1,93	1,88
	CSLE	*	*	*	NS	NS	*		0,89	0,61
	CSLV	*	*	*	*	*	*	NS		1,04
	CSCD	*	*	*	*	*	*	NS	NS	

(*) Classes que apresentam separabilidade ao nível de probabilidade de classificação correta de 95 % (JM ≥ 1,50).

NS Valor não significativo.

TABELA IV.16

VALORES MAXIMOS DE DISTÂNCIA JM E COMBINAÇÕES DE TRÊS CANAIS QUE MELHOR EXPRESSAM A SEPARABILIDADE ENTRE AS CLASSES, NA DATA DE 08.02.77.

JM NÍVEL DE SIG- NIFICÂNCIA		C L A S S E S								
		CELE	CELV	CECD	CCLE	CCLV	CCCD	CSLE	CSLV	CSCD
C L A S S E S	CELE		0,58	1,83	1,96	0,42	1,53	2,00	1,97	1,99
	CELV	NS		1,82	1,59	0,38	1,34	2,00	1,88	1,97
	CECD	(4-5-6)	(4-5-6)		1,99	1,77	1,93	2,00	2,00	2,00
	CCLE	(5-6-7)	(4-5-6)	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)		1,83	0,67	1,61	1,05	1,50
	CCLV	NS	NS	(4-5-7)	(5-6-7)		1,45	2,00	1,93	1,98
	CCCD	(4-5-6)	NS	(4-5-7)	NS	NS		1,30	0,93	1,16
	CSLE	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	(5-6-7)	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	NS		1,66	1,27
	CSLV	(4-5-6) (4-5-7)	(4-5-6) (4-5-7)	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	NS	(4-5-6) (4-5-7)	NS	(5-6-7)		1,26
	CSCD	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	(4-5-7)	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	(4-5-7)	(4-5-7)	NS	NS	NS	

() Combinação de três canais que apresenta a maior distância JM, com valor significativo ao nível de 95 % de probabilidade de classificação correta.

NS Valor não significativo.

TABELA IV.17

VALORES MÁXIMOS DE DISTÂNCIA JM E COMBINAÇÕES DE TRÊS CANAIS QUE MELHOR EXPRESSAM A SEPARABILIDADE ENTRE AS CLASSES, NA DATA DE 07.08.77.

JM NÍVEL DE SIG- NIFICÂNCIA		C L A S S E S								
		CELE	CELV	CECD	CCLE	CCLV	CCCD	CSLE	CSLV	CSCD
C L A S S E S	CELE		1,23	0,65	2,00	1,91	1,14	1,98	2,00	2,00
	CELV	NS		1,27	1,54	0,85	0,86	1,84	1,89	1,88
	CECD	NS	NS		1,99	1,88	1,46	1,99	2,00	2,00
	CCLE	(4-5-6) (5-6-7)	(5-6-7)	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)		0,46	1,58	1,19	1,48	1,40
	CCLV	(4-5-6)	NS	(4-5-6)	NS		1,07	1,41	1,51	1,56
	CCCD	NS	NS	(4-5-7) (5-6-7)	NS			1,77	1,91	1,88
	CSLE	(4-5-6)	(4-5-7)	(4-5-6) (4-5-7)	NS	NS	(4-5-6)		0,85	0,58
	CSLV	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	(4-5-6) (4-5-7)	(4-5-6) (4-5-7) (5-6-7)	NS	(4-5-7)	(4-5-7)	NS		0,98
	CSCD	(4-5-6) (5-6-7)	(4-5-6) (5-6-7)	(4-5-6)	NS	(4-5-6)	(4-5-6)	NS	NS	

() Combinação de três canais que apresenta a maior combinação JM, com valor significativo ao nível de 95 % de probabilidade de classificação correta.

NS Valor não significativo.

TABELA IV.18

VALORES MÁXIMOS DE DISTÂNCIA JM E COMBINAÇÕES DE DOIS CANAIS QUE MELHOR EXPRESSAM A SEPARABILIDADE ENTRE AS CLASSES, NA DATA DE 08.02.77.

JM NÍVEL DE SIG- NIFICÂNCIA		C L A S S E S								
		CELE	CELV	CECD	CCLE	CCLV	CCCD	CSLE	CSLV	CSCD
C L A S S E S	CELE		0,54	1,76	1,92	0,31	1,46	2,00	1,96	1,98
	CELV	NS		1,77	1,55	0,33	1,28	2,00	1,88	1,96
	CECD	(4-5)	(4-5)		1,99	1,75	1,89	2,00	2,00	2,00
	CCLE	(5-6)	(5-6)	(5-6)		1,70	0,53	1,57	0,77	1,44
	CCLV	NS	NS	(4-5)	(5-6)		1,37	2,00	1,91	1,97
	CCCD	NS	NS	(4-5)	NS	NS		1,10	0,77	1,04
	CSLE	(4-5) (5-6) (5-7)	(4-5) (5-6) (5-7)	(4-5) (5-6) (5-7)	(5-7)	(4-5) (5-6) (5-7)	NS		1,41	1,14
	CSLV	(4-5)	(4-5)	(4-5) (5-6) (5-7)	NS	(4-5)	NS	NS		0,97
	CSCD	(4-5) (5-6)	(4-5)	(4-5) (5-6) (5-7)	NS	(4-5)	NS	NS	NS	

() Combinação de dois canais que apresenta a maior distância JM, com valor significativo ao nível de 95 % de probabilidade de classificação correta.

NS Valor não significativo.

TABELA IV.19

VALORES MÁXIMOS DE DISTÂNCIA JM E COMBINAÇÕES DE DOIS CANAIS QUE MELHOR EXPRESSAM A SEPARABILIDADE ENTRE AS CLASSES, NA DATA DE 07.08.77.

NÍVEL DE SIG-NIFICÂNCIA	JM	C L A S S E S								
		CELE	CELV	CECD	CCLE	CCLV	CCCD	CSLE	CSLV	CSCD
C L A S S E S	CELE		1,09	0,54	2,00	1,86	1,04	1,95	1,99	1,99
	CELV	NS		1,08	1,52	0,79	0,76	1,80	1,88	1,87
	CECD	NS	NS		1,99	1,83	1,43	1,99	2,00	1,99
	CCLE	(5-6)	(5-6)	(5-6)		0,37	1,48	1,02	1,33	1,26
	CCLV	(5-6)	NS	(5-6)	NS		0,95	1,33	1,38	1,49
	CCCD	NS	NS	NS	NS	NS		1,72	1,84	1,84
	CSLE	(4-5) (5-6)	(4-5)	(4-5)	NS	NS	(4-5)		0,77	0,47
	CSLV	(4-5) (5-6) (5-7)	(4-5)	(4-5) (5-6) (5-7)	NS	NS	(4-7)	NS		0,78
	CSCD	(5-6)	(5-6)	(4-5) (5-6) (5-7)	NS	NS	(5-6)	NS	NS	

() Combinação de dois canais que apresenta a maior distância JM, com valor significativo ao nível de 95 % de probabilidade de classificação correta.

NS Valor não significativo.

TABELA IV.20

VALORES MÁXIMOS DE DISTÂNCIA JM E CANAIS QUE MELHOR EXPRESSAM A SEPARABILIDADE ENTRE AS CLASSES, NA DATA DE 08.02.77.

JM		C L A S S E S								
		CELE	CELV	CECD	CCLE	CCLV	CCCD	CSLE	CSLV	CSCD
CLASSES	CELE		0,37	1,61	1,70	0,21	1,35	2,00	1,90	1,97
	CELV	NS		1,69	1,29	0,17	1,17	1,99	1,76	1,93
	CECD	(5)	(5)		1,96	1,65	1,81	2,00	2,00	2,00
	CCLE	(6)	NS	(5)		1,30	0,19	1,42	0,56	1,36
	CCLV	NS	NS	(5)	NS		1,12	1,99	1,72	1,92
	CCCD	NS	NS	(5)	NS	NS		0,80	0,44	0,98
	CSLE	(5)	(5)	(5)	NS	(5)	NS		1,30	0,73
	CSLV	(5)	(5)	(5)	NS	(5)	NS	NS		0,68
	CSCD	(5)	(5)	(5)	NS	(5)	NS	NS	NS	

() Canal que apresenta maior distância JM, com valor significativo ao nível de 95 % de probabilidade de classificação correta.

NS Valor não significativo.

TABELA IV.21

VALORES MÁXIMOS DE DISTÂNCIA JM E CANAIS QUE MELHOR EXPRESSAM A SEPARABILIDADE ENTRE AS CLASSES, NA DATA DE 07.08.77.

JM NÍVEL DE SIG- NIFICÂNCIA		C L A S S E S								
		CELE	CELV	CECD	CCLE	CCLV	CCCD	CSLE	CSLV	CSCD
C L A S S E S	CELE		0,83	0,42	1,87	1,37	0,73	1,89	1,97	1,97
	CELV	NS		0,83	1,41	0,67	0,53	1,71	1,80	1,85
	CECD	NS	NS		1,96	1,66	1,31	1,95	1,99	1,99
	CCLE	(5)	NS	(5)		0,26	1,06	0,79	0,88	1,06
	CCLV	NS	NS	NS	NS		0,70	1,05	1,13	1,36
	CCCD	NS	NS	(5)	NS	NS		1,54	1,65	1,71
	CSLE	(5)	(5)	(5)	NS	NS	(5)		0,28	0,27
	CSLV	(5)	(5)	(5)	NS	NS	(7)	NS		0,40
	CSCD	(5)	(5)	(5)	NS	NS	(5)	NS	NS	

() Canal que apresenta maior distância JM, com valor significativo ao nível de 95 % de probabilidade de classificação correta.

NS Valor não significativo.

Analisando-se os resultados apresentados nessas Tabelas, quanto às combinações de canal ou canais que melhor expressam a separabilidade entre as classes, ao nível de desempenho superior a 95%, verificou-se que na escolha dos canais, a combinação dos canais 4, 5 e 6 mostrou-se mais eficiente na data de 07.08.77, enquanto as combinações, dos canais 4, 5 e 7, e 4, 5 e 6, foram em ordem decrescente, as melhores para discriminação das classes na data de 08.02.77.

Em relação à combinação de dois canais, o conjunto dos canais 4 e 5 mostrou-se melhor na separação das classes na passagem de 08.02.77, enquanto o conjunto dos canais 5 e 6 foi mais eficiente na passagem de 07.08.77.

Pela análise de canais isolados, constatou-se que o canal 5 foi o que melhor expressou a separabilidade das classes, em ambas as datas analisadas.

Os resultados da análise do número de comparações que mostram a separabilidade entre as classes (vegetação-solo), nas datas de 08.02.77 e 07.08.77, isoladamente ou em conjunto, em um canal ou combinação de canais, são apresentados na Tabela IV.22.

TABELA IV.22

NÚMERO DE COMPARAÇÕES QUE EXPRESSAM A SEPARABILIDADE ENTRE AS CLASSES, AO NÍVEL DE 95 % DE DESEMPENHO

Nº DE CANAIS	DATAS DE PASSAGEM		
	08.02.77	07.08.77	08.02.77 e 07.08.77
4	25	22	31
3	24	21	29
2	21	17	26
1	18	15	21

Observa-se que o uso da combinação dos quatro canais ofereceu maior quantidade de informações, quanto à separabilidade das classes, tanto na data de 08.02.77 como na de 07.08.77 e principalmente, quando essas passagens são analisadas conjuntamente. Constatou-se também que, a diminuição do número de canais analisados conjuntamente, concorreu para a redução do número de comparações classificadas.

A análise do desempenho do sistema, para a separação entre as formas de Cerrado e cada qual em relação aos tipos de solos, está apresentada na Tabela IV.23. Este desempenho foi obtido das médias dos valores de JM, locados no gráfico de probabilidade de classificação correta de Swain e King (1973).

TABELA IV.23
DESEMPENHO DO SISTEMA OBTIDO ATRAVÉS DA ANÁLISE DE UM CANAL
OU COMBINAÇÃO DE CANAIS, NAS DATAS DE 08.02.77 E 07.08.77

DATA DA PASSAGEM		PROBABILIDADE DE CLASSIFICAÇÃO CORRETA (%)											
		08.02.77						07.08.77					
CLASSES Nº DE CANAIS		LE, CE-LV, CD	LE, CC-LV, CD	LE, CS-LV, CD	CE/CC	CE/CS	CC/CS	LE, CE-LV, CD	LE, CC-LV, CD	LE, CS-LV, CD	CE/CC	CE/CS	CC/CS
4		93,95	93,35	94,55	94,40	99,80	95,20	89,60	89,00	83,75	95,30	99,60	96,00
3		93,65	92,30	93,50	93,95	99,80	95,00	88,25	87,95	82,50	95,10	99,50	95,70
2		92,90	90,50	90,05	93,35	99,80	93,50	85,00	85,75	79,25	94,55	99,40	94,55
1		90,80	84,25	85,00	91,55	99,50	91,10	79,75	79,25	69,60	91,70	99,00	91,10

Observou-se que a forma cerrado, comparada com a de campo sujo, foi melhor discriminada na época chuvosa, independentemente do número de canais utilizados. O mesmo não ocorreu com o campo cerrado, quando comparado com as duas formas anteriormente citadas, pois a época seca foi a que ofereceu maiores condições de separabilidade. Nesta análise

lise, a utilização de apenas um canal, apresentou um desempenho satisfatório superior a 90 %. O acréscimo de outras bandas espectrais é função da porcentagem de classificação correta desejada pelo analista.

As formas de Cerrado analisadas isoladamente, em função dos três tipos de solos, foram melhor discriminadas na época chuvosa, sendo que a combinação de dois canais (utilizada para analisar os dados desta época), mostrou um desempenho acima de 90 %. Um acréscimo pequeno neste valor, pode ser obtido com a adição de outras bandas espectrais.

Assim, verificou-se que os dados de época chuvosa e de seca podem ser empregados na discriminação das formas de Cerrado, através da análise automática, comprovando-se os resultados obtidos da interpretação visual.

4.3.7 - APRESENTAÇÃO DOS MAPAS

A interpretação visual e automática dos produtos do MSS do LANDSAT foi feita em todas as passagens. Contudo, neste trabalho, são apresentados somente os resultados de uma data, para mostrar a possibilidade de mapeamento dos Cerrados, utilizando imagens orbitais..

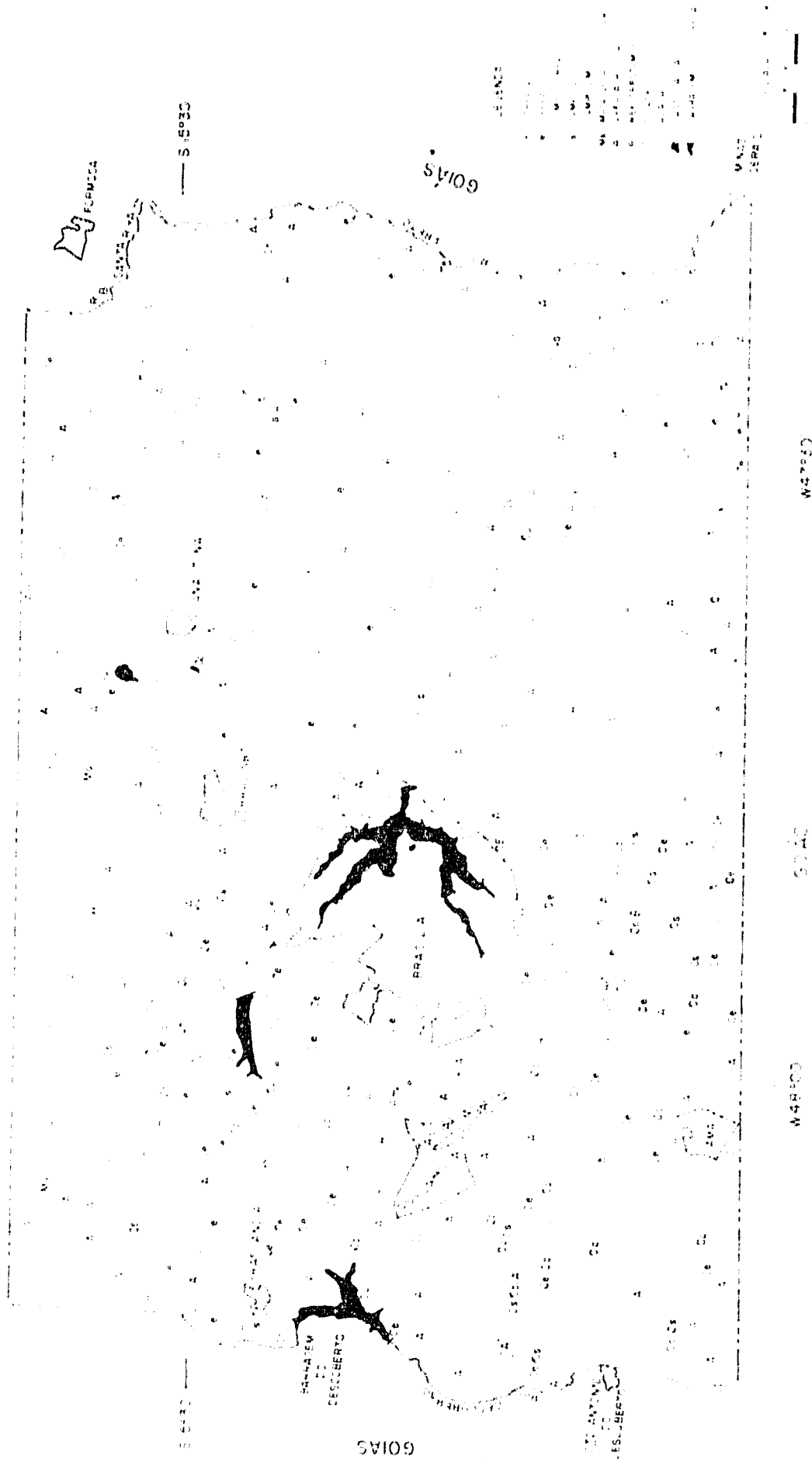
a) Interpretação visual

Na Figura IV.9 é apresentado o esboço da cobertura vegetal, obtido da interpretação visual das imagens do MSS.

48°00'

GOIAS

48°00'



48°30'

GOIAS

48°00'

Fig. IV.9 - Esboço da cobertura vegetal da área do DF

Como a forma cerrado ocupa uma área inexpressiva no contexto da cobertura vegetal do DF, ela não foi incluída no estudo das características espectrais, juntamente com as formas cerrado, campo cerrado e campo sujo de cerrado.

Tendo em vista que a transição entre as formas ou unidades do Cerrado é gradual, como foi observado anteriormente por IBDF (1976), Ferri (1977) e Goodland e Ferri (1979), sua delimitação nas imagens orbitais pode ser problemática. Isto ocorre, principalmente, em áreas de relevo movimentado, nas quais as diferentes formas se sucedem com relativa frequência.

b) Interpretação automática

Nas Figuras IV.10, IV.11 e IV.12, apresentam-se os resultados da classificação automática, pela aplicação do método de máxima verossimilhança (MAXVER).

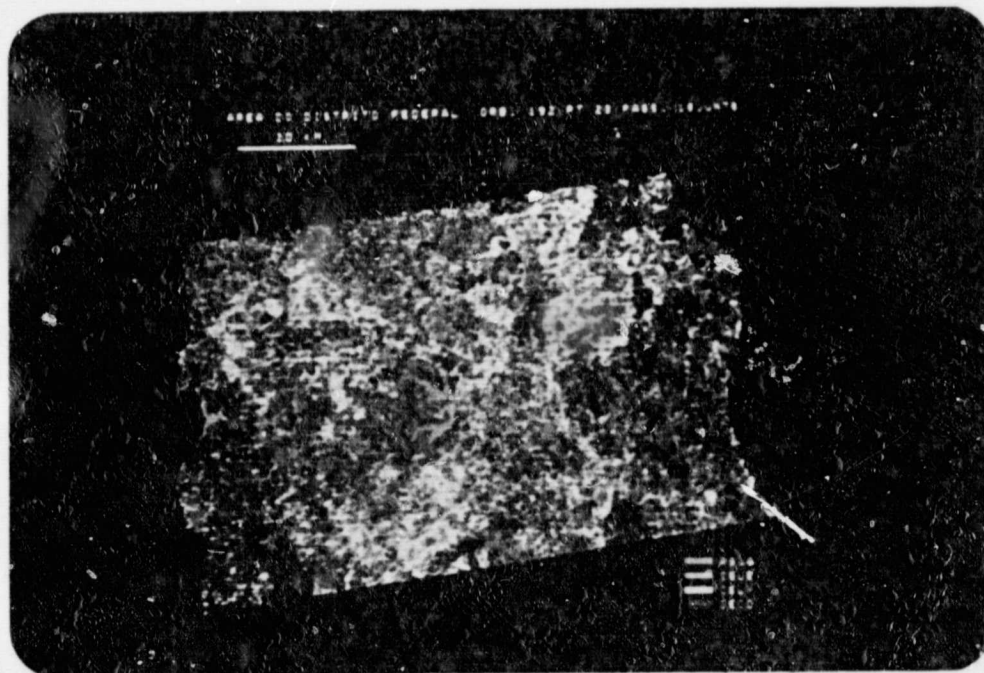


Fig. IV.10 - Classificação automática da forma cerrado, nos três tipos de solos

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

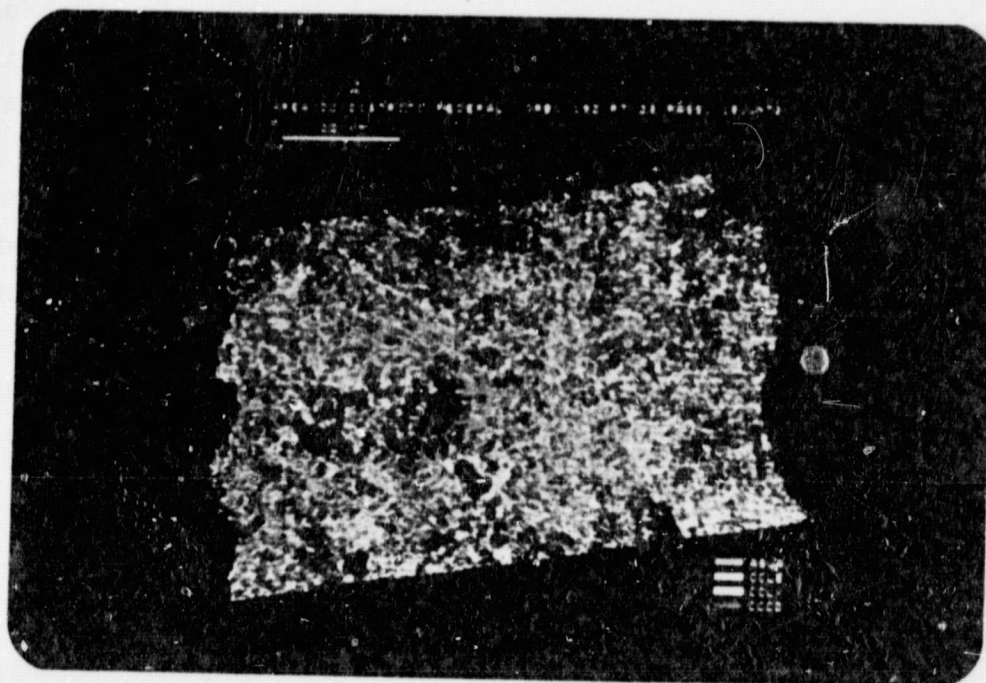


Fig. IV.11 - Classificação automática da forma campo cerrado, nos três tipos de solos

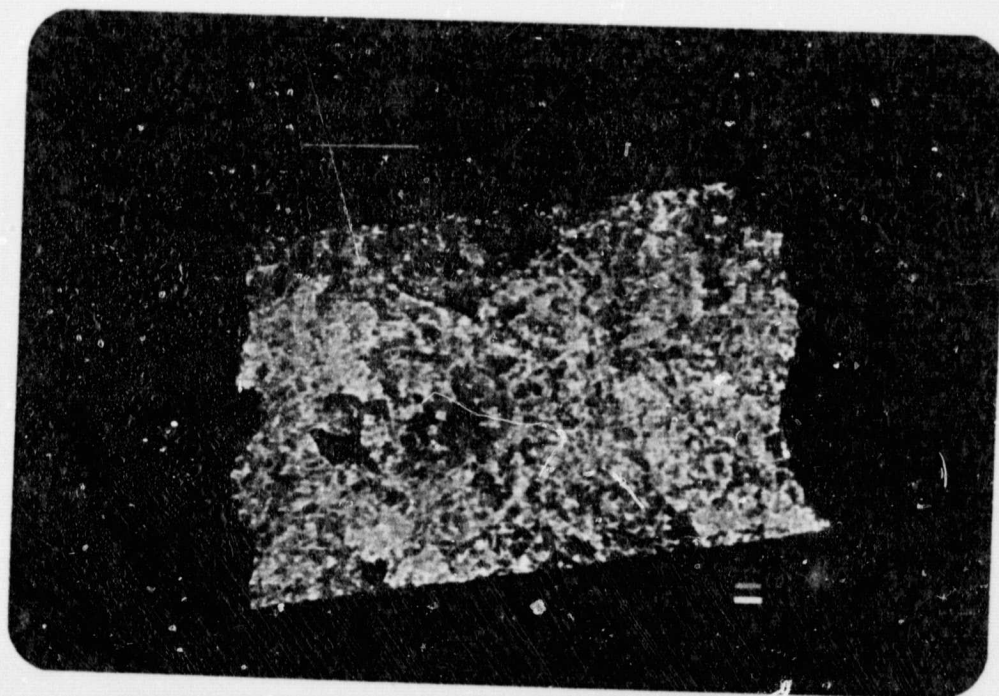


Fig. IV.12 - Classificação automática da forma campo sujo de cerrado, nos três tipos de solos

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos por análise visual e automática dos dados do MSS do LANDSAT, no estudo da vegetação de Cerrados, os autores chegaram às conclusões e recomendações a seguir indicadas.

5.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

O material fotográfico, em preto e branco, na escala 1:250.000, foi o mais propício à delimitação das formas de Cerrado.

O aspecto textural foi útil na discriminação do campo cerrado na estação seca, apresentando-se com padrão heterogêneo.

O padrão de tonalidade foi o principal parâmetro na discriminação das formas de Cerrado, independentemente da época do ano.

Na escolha do canal mais adequado, o aspecto textural não permitiu tal estudo, enquanto que o tonal indicou o canal 5 como aquele que possibilita maior separabilidade entre as classes.

O gradiente de tonalidade do canal 5, variou do cinza mais escuro, para o cerrado, ao cinza mais claro, para o campo sujo.

Quanto ao comportamento espacial, as imagens do MSS permitiram avaliar a distribuição da vegetação dos Cerrados, em relação aos aspectos físicos do terreno, solo e

relevo.

No que concerne ao comportamento espectral, as formas de Cerrado, geralmente se apresentam com alta absorção na faixa do visível (canais 4 e 5), e alta reflectância na faixa do infravermelho próximo (canais 6 e 7).

Em relação ao comportamento sazonal, o canal 5 forneceu maiores informações, indicando que as variações na resposta espectral das formas cerrado e campo cerrado, são menos acentuadas quando comparadas ao campo sujo de cerrado.

5.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA

Os dados dos quatro canais contidos nas fitas CCT, mostraram que as formas de Cerrado possuem características espectrais bem definidas.

A forma cerrado, comparada à de campo sujo, foi melhor discriminada na época chuvosa, independentemente do número de canais utilizados.

A forma campo cerrado, em relação às formas cerrado e campo sujo, foi melhor discriminada na época seca.

As formas de Cerrado, analisadas isoladamente em função dos tipos de solos, foram melhor discriminadas na época chuvosa, através da combinação de dois canais.

Quanto ao comportamento espacial, não houve influência do solo na resposta espectral da vegetação dos Cerrados.

Em relação ao comportamento espectral, verificou-se maior absorção de radiação eletromagnética na faixa

do visível e alta reflectância no infravermelho próximo, independentemente da época do ano.

No que se refere ao comportamento sazonal, o canal 7 foi o mais apropriado, mostrando que as variações na resposta espectral têm ou seguem a mesma tendência em todas as formas de Cerrado.

O canal 5 foi o que melhor expressou a separabilidade das formas de Cerrado, independentemente do tipo de solo.

A combinação dos quatro canais ofereceu maior quantidade de informações na separação das formas de Cerrado, levando-se em consideração os tipos de solos.

5.3 - RECOMENDAÇÕES

O padrão de tonalidade deve ser o principal parâmetro utilizado na caracterização dos Cerrados, tanto na análise visual como na automática.

O canal 5 é o mais indicado para este tipo de estudo, independentemente da época do ano.

Na análise automática, a classificação supervisionada deve ser feita pelo programa máxima verossimilhança (MAXVER), pois permite um desempenho satisfatório na separação das formas de Cerrado.

A metodologia empregada na área do DF, deve ser testada em outras áreas de Cerrados, a fim de comprovar a viabilidade da sua aplicação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem:

ao Dr. Mário Guimarães Ferri, da Universidade de São Paulo (USP) e ao Engº Agrº Vitor Celso de Carvalho, MSc, do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), pela orientação e estímulo;

ao Dr. Luiz Guimarães de Azevedo, Coordenador do Projeto Avaliação dos Recursos Naturais e Sôcio-Econômicos, do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC/EMBRAPA), por seu constante incentivo e inestimável colaboração;

ao Dr. George Eiten, Professor do Instituto de Bio ciências da Universidade de Brasília (UnB), pela orientação nos trabalhos de campo e pela identificação das espécies;

aos Pesquisadores José Carlos Moreira e Sherry Chou Chen, MSc, ambos do INPE, pela ajuda prestada, respectivamente, nos trabalhos de interpretação automática e nos cálculos estatísticos;

ã Ivani Kotait, bibliotecária-chefe do Instituto Florestal, pelo auxílio prestado na editoração e levantamento bibliográfico; ã Neide Lopes, escriturária da Seção de Parques da Capital, da mesma Instituição, pela paciência com que datilografou o presente trabalho;

aos Instituto de Pesquisas Espaciais, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados e Instituto Florestal, por fornecerem as condições materiais e apoio logístico que possibilitaram a elaboração deste trabalho, e, em especial, aos respectivos Diretores,

Dr. Nelson de Jesus Parada,
Dr. Elmar Wagner
Dr. Francisco José do Nascimento Kronka; e

a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram
para a realização deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ALVIM, P. de T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. *Revista Brasileira de Geografia*, 16(4):496-498, out./dez., 1954.
- ALVIM, P. de T.; ARAÚJO, W.A. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el Centro Oeste del Brasil. *Turrialba*, 2(4):153-160, oct./dic., 1952.
- ANUTA, P.E.; KRISTOF, S.J.; LEVANDOWSKI, D.W.; PHILLIPS, T. L.; MAC DONALD, R.B. Crop, soil and geological mapping from digitized multispectral satellite photography. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 7., Ann Arbor, MI., 1971. Proceedings, v. 3, p. 1983-2016.
- AOKI, H.; SANTOS, J.R. dos. Fatores ambientais dos Cerrados e imagens orbitais. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, 30:1-69, set., 1979.
- ARENS, K. O cerrado como vegetação oligotrófica. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Botânica*, (224):59-77, 1958.
- ASHLEY, M.D.; DETHIER, B.E. Phenological determinations from satellite and terrestrial sensor systems. In: *PANAMERICAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING*, 1., Panamá, 1973. Proceedings. p. 137-146.
- ASKEW, G.P.; MOFFATT, D.J.; MONTGOMERY, R.F.; SEARL, P.L. Soils and soil moisture as factors influencing the distribution of the vegetation formations of the Serra do Roncador, Mato Grosso. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 3., São Paulo, 1971. p. 150-160.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

- AUBREVILLE, A. As florestas do Brasil: estudo fitogeográfico e florestal. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, 11(11):201-232, 1959.
- AZEVEDO, L.G. de. Tipos de vegetação. In: IBGE. Conselho Nacional de Geografia. *Atlas do Brasil*. Rio de Janeiro, 1959. p. 108-109.
- _____. Tipos ecofisionômicos da vegetação da região de Jannuária (M.G.). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 38:39-57, dez., 1966. Suplemento
- BEIGUELMAN, B. Considerações sobre a vegetação dos cerrados. *Ciência e Cultura*, 15(1):39-44, mar., 1963.
- BENSON, A.S.; DRAEGER, W.C.; PETTINGER, L.R. Ground data collection and use. *Photogrammetric Engineering*, 37(11): 1159-1166, Nov., 1971.
- BORDEN, F.Y.; MEREMBECK, B.F.; THOMPSON, D.N.; TURNER, B. J.; WILLIAMS, D.L. Classification and mapping of coal refuse, vegetative cover types, and forest types by digital processing ERTS-1 data. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 9., Ann Arbor, MI, 1974. Proceedings. v. 1, p. 133-152.
- BORGONOV, M.; CHIARINI, J.V. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo: 1 - levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas por cerrado, cerradão e campo, em 1962. *Bragantia*, 24(14):159-172, mar., 1965.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. Instituto de Planejamento Econômico e Social. *Aproveitamento e potencial dos cerrados: base física e potencialidade da região*. Brasília, IPEA/IPLAN. 1973. v.1 (Estudos para o Planejamento, 2)

- BRAUN, E.H.G. Os solos de Brasília e suas possibilidades de aproveitamento agrícola. *Revista Brasileira de Geografia*, 24(1):43-78, jan./mar., 1962.
- BROONER, W.G.; HARALICK, R.M.; DINSTEIN, I. Spectral parameters affecting automated image interpretation using Bayesian Probability Techniques. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING ENVIRONMENT*, 7., Ann Arbor, MI., 1971. Proceedings. v. 3, p. 1929-1949.
- CAIN, S.A.; CASTRO, G.M. de O. *Manual of vegetation analysis*. New York, N.Y., Harper & Brothers, 1959.
- CAMARGO, P.A. Clima do Cerrado. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 1., São Paulo, 1963. p. 93-115.
- CARTER, L.D.; STONE, R.O. Interpretation of orbital photographs. *Photogrammetric Engineering*, 40(2):193-197, Feb., 1974.
- CARVALHO, V.C. de. *Apresentação de uma sistemática para análise de dados multiespectrais*. São José dos Campos, INPE, abr., 1978. (INPE-1227-NTE/115)
- CENTRO DE PESQUISAS FLORESTAIS. *Inventário Florestal do Distrito Federal*. Curitiba-PR., 1972.
- CERVELLINI, A.; REICHARDT, K.; SALATI, E.; ZUR, B. Preliminary studies of the water economy in "cerrados". *Boletim Científico do Centro de Energia Nuclear na Agricultura* (008) dez., 1972.
- CIBULA, W.G. Computer implemented classification of vegetation using aircraft acquired multispectral scanner data. In: NASA. *Earth Resources Survey Symposium* held in Houston, TX., Jun. 9-12, 1975. Proceedings. v. 1-A, p. 183-201.

CODEPLAN. *Diagnóstico do espaço natural do Distrito Federal*. Brasília, 1976.

CRANE, R.B. Preprocessing techniques to reduce atmospheric and sensor variability in multispectral scanner data. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 7., Ann Arbor, MI., 1971. Proceedings. v. 2, p. 1345-1355.

CURTIS, L.F.; HOOPER, A.J. Ground truth measurements in relations of aircraft on satellites studies of agricultural land use and land classification in Britain. In: *ESRO. European Earth Resources Satellite Experiments: Symposium held at Frascati. Italy, Jan. 28 - Feb. 1, 1974.* Proceedings. p. 405-415.

DODGE, JR., A.G.; BRYANT, E.S. Forest type mapping with satellite data. *Journal of Forestry*, 74(8):526-531, Aug. 1976.

DRAEGER, W.C.; CARNEGIE, D.M. Test procedures for remote sensing data. *Photogrammetric Engineering*, 40(2):175-182, Feb., 1974.

DRAEGER, W.C.; PETTINGER, L.R.; BENSON, A.S. The use of small scale aerial photography in a regional agricultural survey. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 7., Ann Arbor, MI., 1971. Proceedings. v. 2, p. 1205-1217.

EITEN, G. Habitat flora of Fazenda Campininha, São Paulo, Brazil. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 1., São Paulo, 1963. p. 179-231.

_____. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, 38(2):201-341, Apr./June, 1972.

- EITEN, G. An outline of the vegetation of South America. In: *SYMPOSIUM OF INTERNATIONAL CONGRESS OF PRIMAT SOCIETY*, 5., Nagoya, 1974. Proceedings. p. 529-545.
- ELBERSEN, G.W.W. Interpretation of ERTS-MSS images of a savanna area in Eastern Columbia. In: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite - 1*: Symposium held at New Carrollton, MD., 1973. Proceedings. v. 1-A, p. 105-109.
- EMBRAPA. *Relatório elaborado pelo grupo de trabalho instituído pela resolução nº R.D. 040/74 de 19.11.1974, que cuida do ante-projeto de implantação do centro de pesquisa agropecuária para o desenvolvimento de recursos do cerrado*. Brasília, 1975. 95 p. (Mimeogr.)
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. *Relatório técnico anual 1976*. Planaltina, 1976.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal*. Rio de Janeiro, 1978. (Boletim Técnico, 53).
- ESTES, J.E.; SIMONETT, D.S. Fundamentals of image interpretation. In: *AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Remote Sensing*. Falls Church, VA., 1975. v.2, cap. 14, p. 869-1076.
- FAISSOL, S. *Vegetação e solos no sudeste do planalto central*. Rio de Janeiro, Divisão de Geografia do Conselho Nacional de Geografia, 1953. 15 p.
- _____. O problema do desenvolvimento agrícola do sudeste do planalto central do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, 19(1):3-66, jan./mar., 1957.

FERRI, M.G. Transpiração de plantas permanentes dos "cerrados". *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Botânica* (41):159-224, 1944.

_____. *Ecologia: temas e problemas brasileiros*. São Paulo, Itatiaia, U.S.P., 1974. (Coleção Reconquista do Brasil, 3)

_____. Os cerrados de Minas Gerais. *Ciência e Cultura*, 27 (11):1217-1220, nov., 1975.

_____. Ecologia dos cerrados. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 4., Brasília, D.F., 1977. p. 15-36.

FERRI, M.G.; COUTINHO, L.M. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado: estudo comparativo da economia d'água da sua vegetação em Emas (Est. de São Paulo), Campo Grande (Est. de Mato Grosso) e Goiânia (Est. de Goiás). *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Botânica* (224):103-150, 1958.

FLETCHER, A.G. Las técnicas de percepción remota e su utilización en Colombia. In: *SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE EL USO DE LOS SENSORES REMOTOS EN EL DESARROLLO DE LOS PAISES*. Mexico, 1977. Memorias. p. 437-464.

FONTANEL, A.; BLANCHET, C.; LALLEMAND, C. Enhancement of LANDSAT imagery by combination of multispectral classification and principal component analysis. In: *NASA. Earth Resources Survey Symposium* held in Houston, TX., jun 9-12, 1975. Proceedings. v.1-B, p. 991-1012. (NASA TMX 58169)

FREITAS, F.G.; SILVEIRA, C.O. Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 4., Brasília, 1977. p. 155-194.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

- GALVÃO, V. Regiões bioclimáticas do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, 29(1):3-36, jan./mar., 1967.
- GATES, D.M.; KEEGAN, H.J.; SCHLETTER, J.C.; WEIDNER, V.R. Spectral properties of plants. *Applied Optics*, 4(1):11-20, Jan., 1965.
- GATES, D.M. Physical and physiological properties of plants. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Remote sensing with special reference to agriculture and forestry*. Washington, D.C., 1970. cap. 5, p. 224-252.
- GAUSMAN, H.W.; CARDENAS, R. Effect of pubescence on reflectance of light. In: *SYMPOSIUM OF REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 5., Ann Arbor, MI., 1968. Proceedings. p. 291-297.
- GAUSMAN, H.W.; ALLEN, W.A.; CARDENAS, R.; RICHARDSON, A.J. Relations of light reflectance to histological and physical evaluations of cotton leaf maturity. *Applied Optics*, 9(3):545-552, Mar., 1970.
- GAUSMAN, H.W.; CARDENAS, R.; GERBERMAN, A.H. Plant size, etc., and aerial film. *Photogrammetric Engineering*, 40(2):61-68, Jan., 1974.
- GAUSMAN, H.W. Leaf reflectance of near infrared. *Photogrammetric Engineering*, 40(2):183-192, Feb., 1974.
- GENERAL ELECTRIC COMPANY. *Image-100 - interactive multispectral image analysis system: user manual*. Daytona, 1975.
- GIMBARZEVSKY, P. ERTS-1 imagery in biophysical studies. In: *CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING*, 2., Guelph, 1974. Proceedings. v. 2, p. 392-407.

- GOODLAND, R. *An ecological study of the cerrado vegetation of South-Central Brazil*. McGill University (tese mimeogr.) 1969. 224p.
- GOODLAND, R.; FERRI, M.G. 1979. *Ecologia do cerrado*. Ed. da U.S.P., São Paulo e Ed. Itatiaia, Belo Horizonte. 193 p.
- GOODLAND, E.; POLLARD, R. The brazilian cerrado vegetation, a fertility gradient. *Journal of Ecology*, 61(1): 219-224, Mar., 1973.
- GOODENOUGH, D.; SHLIEN, S. *Automatic classification methodology*. Ottawa, Canada Center for Remote Sensing. Department of Energy, Mines and Resources, 1974.
- GREHS, S.A. Interpretação das imagens do satélite ERTS-1 da região de Brasília. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28., Porto Alegre, 1974. Anais. v.4, p. 165-171.
- GRISI, B.M. Contribuição ao conhecimento da ecologia vegetal do cerrado. Balanço hídrico de dois espécimes de *Ouretea spectabilis* (Mart.) Engl. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 3., São Paulo, 1971. p. 86-99.
- HAJIC, E.J.; SIMONETT, D.S. Comparisons of qualitative and quantitative image analysis. In: LINTZ JR., J.; SIMONETT, D.S., ed. *Remote Sensing of Environment*. London, Addison-Wesley, 1976. Cap. 2. part 3, p. 374-411.
- HEATH, G.R.; PARKER, H.D. Forest and range mapping in the Houston area with ERTS-1 data. In: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite - 1*: Symposium held at New Carrollton, MD., Mar., 5-9, 1973. Proceedings. v.1-A, p. 167-172.
- HELLER, R.C. *Evaluation of ERTS-1 data for forest and range land surveys*. Berkeley, CA., U.S.D.A. Forest Service "Research, 1975. p. 1-5. (Paper PSW-112)

HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. *Estabelecimento de metodologia para avaliação de povoadamentos florestais artificiais, utilizando-se dados do LANDSAT*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE 1271 - IPT/089)

HILWIG, F.W.; GOOSEN, D.; KATSIERIS, D. Preliminary results of the interpretation of ERTS-1 imagery for a soil survey of the Merida Region, Spain. *ITC Journal*, 3:289-312, 1974.

HILWIG, F.W. Visual interpretation of LANDSAT imagery for a reconnaissance soil survey of the Ganges River Fan, south-west of Hardwar, India. *ITC Journal*, 1:26-43, 1976.

HOFFER, R.M.; HOLMES, R.A.; SHAY, J.R. Vegetation, soil and photographic factors affecting tone in agricultural remote multispectral sensing. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 4. Ann Arbor, MI., 1966. Proceedings. p. 115-134.

HOFFER, R.M. Interpretation of remote sensor imagery. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, IN., 1972a. p. 1-3 (Short course outline)

_____. Physical basis for remote sensing. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, IN., 1972b. p. 1-8 (Short course outline)

_____. Spectral characteristics of natural resource materials. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, IN., 1972c. (Short course outline)

- HOFFER, R.M.; JOHANNSEN, C.J. Ecological potentials in spectral signature analysis. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, IN., 1972. p. 1-26 (LARS Print 011069-R)
- HUECK, K. As regiões dos campos cerrados do Brasil central. In: *As florestas da América do Sul: composição e importância econômica*. São Paulo, UNB, Polígono. 1972. p. 288-306, cap. 27/28.
- IDS0, S.B.; WIT, C.T. de. Light relations in plant canopies. *Applied Optics*, 9(1):177-184, Jan., 1970.
- IBDF. *Estudos de tipologias florestais de cerrado na região central de Minas Gerais*. Convênio PNUD/FAO. Belo Horizonte, 1976. (Série Técnica, 7)
- IBGE. *Brasil: vegetação*. Rio de Janeiro, 1970. Mapa escala 1:5.000.000.
- JACOMINE, P.K.T. Considerações gerais sobre alguns solos de cerrado. In: *REUNIÃO BRASILEIRA DO CERRADO*, 1., Sete Lagoas, 1964. p. 131-136.
- JOLY, A.B. A monotonia dos campos. In: _____. *Conheça a vegetação brasileira*. São Paulo, U.S.P., Polígono. 1970. cap. 4. p. 35-46.
- KALENSKY, Z.; WILSON, D.A. Spectral signature of forest trees. In: *CANADIAN SYMPOSIUM OF REMOTE SENSING*, 3., Edmonton, 1975. Proceedings. p. 155-171.
- KAN, E.P.; DILMAN, R.D. Timber types separability in southeastern United States on LANDSAT-1 MSS data. In: *NASA. Earth Resources Survey Symposium* held in Houston, TX., June, 9-12, 1975. Proceedings. v.1-A, p. 135-157.

- KING, R.B.; RAINS, A.B. A comparison of ERTS imagery with conventional aerial photography for land-resource surveys in less developed countries. Examples from the Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. In: EROS. *European Earth Resources Satellite Experiments*: Symposium held at Frascati, Italy, Jan., 28 - Feb., 1, 1974. Proceedings. p. 371-379.
- KIRVIDA, L.; JOHNSON, G.R. Automatic interpretations of ERTS data for forest management. In: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite - 1*: Symposium held at New Carrollton, MD., Mar., 5-9, 1973. Proceedings. v.1-B, p. 1075-1082. (NASA SP-327)
- KUMAR, R. *Radiation from plants - reflection and emission: a review*. Lafayette, IN., Purdue University, 1972. 87 p.
- LAUER, D.T. Multispectral sensing of forest vegetation. *Photogrammetric Engineering*, 35(4):346-354, Apr., 1969.
- LEONARDOS, O.H. Solos do cerrado: geoquímica e produção em solos lixiviados. In: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA; Encontro, 1., Brasília, 1975. 7 p.
- LOEFGREN, A. Ensaio preliminar para uma phytogeografia brasileira. *Revista do Centro de Ciências, Letras e Artes*, 11(29):27-47, dez. 1912.
- MAGNANINI, A. Área de grandes formações vegetais do Brasil. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, 11(11): 295-303, 1959.
- _____. Notas sobre vegetação-climax e seus aspectos no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, 23(1):235-243, jan./mar., 1961.
- MARINI, O.J. Geografia e geologia do cerrado. In: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Encontro, 1., Brasília, 1975. p. 5.

MAXWELL, E.L. Application of ERTS to rangeland management. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, TN., University of Tennessee, 1975a. v.4, p. 105-135.

_____. Information theory applied to remote sensing. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, TN., University of Tennessee, 1975b. v.4, p. 43-67.

MEDINA, H.P.; GROHMANN, F. Disponibilidade de água em alguns solos sob cerrado. *Bragantia*, 25(6):65-75, jun., 1966.

MORAIN, S.A. Interpretation and mapping of natural vegetation. In: ESTFS, J.E.; SENGGER, L.W. *Remote sensing: techniques for environmental analysis*. St^a Barbara, CA., 1974. p. 127-165.

MURINE, G.E. The effects of varying training set size on multispectral scanner data classification. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, TN., University of Tennessee, 1975. v.4, p. 743-758.

MYERS, V.I.; ALLEN, W.A. Eletrooptical remote sensing methods as nondestructive testing and measuring techniques in agriculture. *Applied Optics*, 7(9):1819-1838, Sept., 1968.

MYERS, V.I.; HEILMAN, M.D. Thermal infrared for soil, temperature studies. *Photogrammetric Engineering*, 35(10):1024-1032, Oct., 1969.

NASA. Summary of the active microwave remote sensing of earth/land. In: _____. *Active microwave workshop report*. Washington D.C., 1975. Cap. 2, part c, p. 97-125.

NICHOLS, J.D. Combining human and computer interpretation capabilities to analyse ERTS imagery. In: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*: Symposium held at New Carrollton, MD., 1973. Proceedings. v.1-B, p. 1205-1210. (NASA SP-327)

NIERC, M.; LOMBARDO, M.A. Uso de técnicas de interpretação automática na determinação de classes funcionais de uso da terra no Vale do Paraíba. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 1., São José dos Campos, nov., 27-29, 1978.

NOSSEIR, M.K.; PALESTINO, C.V.B. *Revisão bibliográfica sobre propriedades espectrais de vegetais*. São José dos Campos, INPE, nov., 1973.

NOSSEIR, M.K.; PALESTINO, C.V.B.; BATISTA, G.T. *Mapeamento de vegetação natural dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (Região Centro-Leste do Brasil) através de imagens MSS do ERTS-1*. São José dos Campos, INPE, fev., 1975. (INPE Lape - 617).

ODENYO, V.A.O.; PETTRY, D.E. Land use mapping by machine processing of LANDSAT-1 data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(4):515-524, Apr., 1977.

PAIJMANS, K. Typing of tropical vegetation by aerial photographs and field sampling in Northern Papua. *Photogrammetria*, 21(1):1-25, Feb., 1966.

PARKS, W.L.; BODENHEIMER, R.E. Delineation of major soil associations using ERTS-1 imagery. In: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite - 1*: Symposium held at New Carrollton, MD., Mar., 5-9, 1973, Proceedings. v.1-A, p.121-126. (NASA SP-327)

- PEREZ, J.A.D.; GARCIA, F.R. Investigacion del uso de la informacion LANDSAT en la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos. In: *SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE EL USO DE LOS SENSORES REMOTOS EN EL DESARROLLO DE LOS PAISES*. Mexico, 1977. Memorias. p. 281-291.
- PIMENTEL, M.F.; CHRISTOFIDIS, D.; PEREIRA, F.J.S. Recursos hídricos no cerrado. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 4., Brasília, 1977, p. 121-154.
- RACHID, M. Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos campos cerrados de Emas. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*. Botânica (80):1-135, 1947.
- RATTER, J.A.; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.F.; GIFFORD, D.R. Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos do Brasil central. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 4., Brasília, 1977, p. 303-316.
- RAWITSCHER, F.K.; FERRI, M.G.; RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil meridional. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 15(4): 267-294, dez., 1943.
- REIS, A.C. de S. Climatologia dos cerrados. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 3., São Paulo, 1971. p. 15-26.
- RICHARDSON, A.J.; WIEGAND, C.L.; GAUSMAN, H.W.; CUELLAR, J. A.; GERBERMANN, A. Plant, soil, and shadow reflectance components of row crops. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 41(11):1401-1407, Nov., 1975.
- RIZZINI, C.T. A flora do cerrado: análise florística das savanas centrais. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 1., São Paulo, 1963a. p. 125-177.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

- RIZZINI, C.T. Nota prēvia sobre a divisāo fitogeogrāfica (florīstico-sociolōgica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, 25(1):3-64, jan./mar., 1963b.
- RIZZINI, C.T. & PINTO, M.M. Āreas climātico-vegetacionais do Brasil segundo os mētodos de Thornthwaite e de Mohr. *Revista Brasileira de Geografia*, 26(4):543-547, out./dez., 1964.
- RIZZO, J.A.; CENTENO, A.J.; LOUSA, J.S.; FILGUEIRAS, T.S. Levantamento de dados em āreas de cerrado da floresta caducifōlia tropical do planalto centro-oeste. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO*, 3., São Paulo, 1971. p. 103-109.
- SAFIR, G.R.; MYERS, W.L.; MALILA, W.A.; MORGENSTERN, J.P. Application of ERTS-1 data to analysis of agricultural crops and forests in Michigan. In: *NASA. Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Symposium held at New Carrollton, MD., Mar. 5-9, 1973. Proceedings. v.1-B, p. 173-180. (NASA SP-327)
- SANTOS, J.R. dos. *Utilização de imagens do LANDSAT e fotografias do Skylab, para o levantamento de vegetação, relevo e caracterização de āreas de maior potencial agrícola no sul do Estado do Espīrito Santo*. São José dos Campos, INPE, out., 1976. (INPE 957 - NTE/071)
- SANTOS, A.P. dos.; NOVO, E.M.L.M. *Avaliação do uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuārios no sudoeste da Amazônia legal*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE - 1044 - IPT/056)
- SANTOS, A.P. dos.; NOVO, E.M.L.M.; DUARTE, V. *Relatório final do Projeto INPE/SUDAM*. São José dos Campos, INPE, out., 1979 (INPE 1610 - RPE/085).

SAUSEN, T.M.; CARVALHO, V.C. de. *Análise automática de dados LANDSAT no estudo da dispersão de sedimentos em suspensão em reservatórios artificiais*. São José dos Campos, set., 1979 (INPE 1572 - RPE/071).

SAYN - WITTGENSTEIN, L. A first look at Canadian ERTS experiments in forestry. In: NASA. *Earth Resources Technology satellite-1*: Symposium held at Greenbelt, MD., 1972. Proceedings. p. 48-55.

SAYN - WITTGENSTEIN, L.; KALENSKY, Z. Interpretation of forest patterns on computer compatible tapes. In: *CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING*, 2., Guelph, 1974. Proceedings. v.1, p. 267-272.

SCHALLER, E.S.; TOWLES, R.W. Image-100: the interactive multispectral image processing system. In: NASA. *Earth Resources Survey Symposium* held in Houston, TX., June, 9-12, 1975. Proceedings. v.1-B, p. 1275-1291. (NASA TMX 58168)

SCHRUMPF, B.J. Natural vegetation inventory. In: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*: Symposium held at New Carrollton, MD., Mar., 5-9, 1973. Proceedings. v.1-A, p. 59-66. (NASA SP-327)

SCHWARZ, D.E.; GAYDOS, L. Regional interpretability variations of land use using satellite data in digital and visual form. In: SHAKROKHI, F. ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, TN., University of Tennessee, 1975. v.4, p. 243-253.

SEEVERS, P.M.; DREW, J.V.; CARLSON, M.P. Estimating vegetative biomass from LANDSAT - 1 imagery for range management. In: NASA. *Earth Resources Survey Symposium* held in Houston, TX., June, 9-12, 1975. Proceedings. v.1-A, p. 1-8. (NASA TMX 58168)

SERRA F9, R.; CAVALLI, A.C.; GUILLAUMON, J.R.; CHIARINI, J. V.; NOGUEIRA, F.P.; IVANCKO, C.M.A.M.; BARBIERI, J.L.; DONZELLI, P.L.; COELHO, A.G. de S.; BITTENCOURT, I.; HIGA, P.S.; KENGEN, S.; OGAWA, H.; AOKI, H. Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento do Estado de São Paulo. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, 11:1-53. out., 1975.

SIEGAL, B.S.; GOETZ, A.F.H. Effect of vegetation on rock and soil type discrimination. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(2):191-196, Feb., 1977.

SIMONETT, D.S. Quantitative data extraction and analysis of remote sensor images. In: ESTES, J.E.; SENGHER, L.W. *Remote sensing: techniques for environmental analysis*. St^a Barbara, CA., 1974. p. 51-81.

SMEDES, H.W.; SPENCER, M.M.; THOMSON, F.J. Preprocessing of multispectral data and simulation of ERTS data channels to make computer terrain maps of a Yellowstone National Park test site. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 7., Ann Arbor, MI., 1971. Proceedings. v.3, p. 2073-2093.

SMITH, W.K.; NOBEL, P.S. Influences of seasonal changes in leaf morphology on water-use efficiency for three desert broadleaf shrubs. *Ecology*, 58(5):1033-1043, 1977.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Analysis of variance I: the one-way classification. In: _____. *Principles and procedures of statistics*. New York, N.Y., McGraw Hill, 1960. cap. 7. p. 99-131.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 36(6): 913-920, Dec., 1957.

SWAIN, P.H.; KING, R.C. *Two effects feature selection criteria for multispectral remote sensing*. Lafayette, IN.; Purdue University. Laboratory for Applications of Remote Sensing, 1973. (LARS Information Note 042673)

THOMAS, J.R.; WIEGAND, C.L.; MYERS, V.I. Reflectance of cotton leaves and its relation to yield. *Separata de Agronomy Journal*, 59:551-554, Nov./Dec., 1967.

THOMAS, J.R.; OERTHER, G.F. Estimating nitrogen content of sweet pepper leaves by reflectance measurements. *Agronomy Journal*, 64(1):11-13, Jan./Feb., 1972.

TUCKER, C.J.; MILLER, L.D.; PEARSON, R.L. Shortgrass prairie spectral measurements. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 41(9):1157-1162, Sept., 1975.

TUELLER, P.T.; LORAIN, G. ERTS-1 evaluations of natural resources management applications in the Great Basin. In: *SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1*: Symposium held at New Carrollton, M.C., Mar., 5-9, 1973. Proceedings. v.1; sec. A, p. 77-85.

VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. de. *Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para o levantamento de solos*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1976. (INPE-912-TPT/030)

VARELA, S. El uso de las imagenes de satellite en la direccion del inventario nacional florestal. In: *SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE EL USO DE LOS SENSORES REMOTOS EN EL DESARROLLO DE LOS PAISES*, Mexico, 1977. Memorias. p. 49-65.

- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema MAX-VER: manual do usuário*. São José dos Campos, jul., 1978. (INPE 1315-NTI/110).
- VELOSO, H.P. *Atlas florestal do Brasil*. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 1966. 82 p.
- WAIBEL, L. A vegetação e uso da terra no Planalto Central. *Revista Brasileira de Geografia*, 10(3):335-380, jul./set., 1948.
- WATSON, R.D.; ROWAN, L.C. Automatic geologic mapping using rock reflectances. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 7., Ann Arbor, MI., 1971. Proceedings. v.3, p. 2043-2053.
- WARMING, E. *Lagoa Santa: contribuição para a geographia phytobiologica*. Trad. por A. Loefgren. Belo Horizonte, Imprensa Oficial, 1908.
- WEBER, F.P.; ALDRICH, R.C.; SADOWISKI, F.G.; THOMSON, F.J. Land use classification in the Southeastern Forest Region by multispectral scanning and computerized mapping. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 8., Ann Arbor, MI., 1972. Proceedings. v.1, p. 351-373.
- WESTIN, F.C.; MYERS, V.I. Identification of soil associations in Western South Dakota on ERTS-1 imagery. In: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*: Symposium held at New Carrollton, MD., Mar., 5-9, 1973. Proceedings. v.1-B, p. 965-972.
- WIEGAND, C.L.; GAUSMAN, H.W.; CUELLAR, J.A.; GERBERMAN, A. H.; RICHARDSON, A.J. Vegetation density as deduced from ERTS-1 MSS response. In: *EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM*, 3., Washington D.C., 1973. Proceedings. v.1-A, p. 93-116.

WILLIAMS, D.L.; COINER, J.C. Utilization of LANDSAT imagery for mapping vegetation on the millionth scale. In: NASA. *Earth Resources Survey Symposium* held in Houston, TX., Jun. 9-12, 1975. Proceedings. v.1-A, p. 53-65.

WILLIAMSON, D.T. Vegetation mapping from ERTS imagery of the Okavango Delta. In: *EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM*, 3., Washington D.C., 1973. Proceedings. v.1-A, p. 301-308.

WONG, K.W.; THORNBURN, T.H.; KHOURY, M.A. Automatic soil identification from remote sensing data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(1):73-80, Jan., 1977.